



universität
wien

DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

Die Wirkung von optischen und akustischen Reizen
auf die Puls-Atem-Variablen:
Auswertung und Interpretation von Experimenten

Verfasserin

Martina Hatzl

angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien, 2012

Studienkennzahl lt. Studienblatt: A 190 406 412

Studienrichtung lt. Studienblatt: Lehramtsstudium, UF Mathematik, UF Physik

Betreuerin / Betreuer: Ao. Univ.-Prof. Dr. Karl W. Kratky

*So eine Arbeit wird eigentlich nie fertig,
man muss sie für fertig erklären,
wenn man nach Zeit und Umständen
das Möglichste getan hat.*

Johann Wolfgang von Goethe

Gewidmet meiner Familie

Zusammenfassung

Einführung

Der menschliche Organismus wird tagtäglich mit den unterschiedlichsten optischen und akustischen Reizen konfrontiert. Die Heart-Rate-Variability, in der Folge kurz HRV genannt, gibt Aufschluss über den Regulationszustand des Herz-Kreislauf-Systems, sowie des vegetativen Nervensystems.

Methoden und Ziele

Als Grundlage dieser Arbeit gelten die Dissertation „Die Wirkung von Licht verschiedener spektraler Zusammensetzung auf die Variabilität der Herzfrequenz“ von Axel Schäfer [Schä04], sowie die beiden Diplomarbeiten „Wirkung von grünem Licht unterschiedlicher zeitlicher Variation auf die Heart-Rate-Variability“ von Naciye Elagöz [Elag05] und „Auswirkung von akustischen Reizen auf die Heart Rate Variability - Eine zeitreihenanalytische Untersuchung“ von David Diepold [Diep06]. Das Ziel ist eine Weiterentwicklung der statistischen Auswertung zum Zweck des direkten Vergleiches der verschiedenen Studien und zur Erlangung neuer Erkenntnisse hinsichtlich der Ergebnisse.

In allen drei Arbeiten war die Durchführung der Experimente sehr ähnlich. 12 bzw. in einem Fall 8 Probanden wurden jeweils verschiedenen optischen und akustischen Reizen nach einer bestimmten zeitlichen Abfolge ausgesetzt. Untersucht wurden die HRV-Variablen der Time- und Frequency-Domain, sowie nichtlineare Variablen. Mittels der sogenannten respiratorischen Sinusarrhythmie kann aus der HRV auch der Puls-Atem-Quotient bzw. die Atemfrequenz ermittelt werden. In der vorliegenden Arbeit beschränkt sich die vergleichende Untersuchung auf die Puls-Atem-Variablen. Untersucht werden die Unterschiede zwischen den Ruhe- und Reizphasen mittels verschiedener statistischer Tests. Ein weiteres Augenmerk liegt auf der Auswertung der Artefaktkorrektur und der Trendbereinigung auf vorhandene Signifikanzen.

Ergebnisse

In allen drei untersuchten Arbeiten ergaben sich Unterschiede zwischen den Signifikanzen der artefaktkorrigierten und nicht-artefaktkorrigierten Daten. Auch die Trendbereinigung brachte zum Teil neue Ergebnisse.

Abstract

Introduction

The human organism is confronted with a wide range of visual and acoustic stimuli on a daily basis. The Heart Rate Variability, below referred to as HRV, provides us with information on the cardiovascular system's regulation status and the autonomic nervous system.

Methods and goals

The dissertation "Die Wirkung von Licht verschiedener spektraler Zusammensetzung auf die Variabilität der Herzfrequenz" by Axel Schäfer [Schä04], as well as the diploma theses "Wirkung von grünem Licht unterschiedlicher zeitlicher Variation auf die Heart-Rate-Variability" by Naciye Elagöz [Elag05] „Auswirkung von akustischen Reizen auf die Heart Rate Variability - Eine zeitreihenanalytische Untersuchung“ by David Diepold [Diep06] serve as a basis for this paper. The goal of the paper is the further development of statistical evaluation in order to allow for direct comparison of the different studies at hand, as well as new achievements as regards the results.

The methods of conducting the experiments were similar in all of the three papers. Twelve, respectively eight test persons were exposed to different visual and acoustic stimuli in specific intervals. The experiment's main interest was with the HRV variables of the Time and Frequency Domain, in addition to non-linear and pulse respiration variables. The pulse respiratory rate and the breathing frequency respectively can be determined based on the HRV by means of the so-called respiratory sinus arrhythmia.

In the paper at hand, the comparing examination is restricted to the HRV variables of the time domain, and the pulse respiration variables. The research focuses on significant differences between recovery and stimuli periods based on various statistical tests. Another main aspect of the paper at hand is artefact correction as well as trend adjustment, both in relation to present significances.

Results

In all of the three papers there are differences between the significances concerning the artefact corrected and not artefact corrected data. Moreover, the trend adjustment reveals new results, which are not consistent, nevertheless.

Einleitung

Der Mensch nimmt seine Umwelt mit all seinen Sinnesorganen wahr. Schon im Mutterleib kann der Fötus „sehen“, fühlen, hören, ja sogar schmecken. Unsere Sinne sind einfach lebensnotwendig. Hören wir beispielsweise ein plötzlich auftretendes Geräusch, kann es uns entweder in Angst und Schrecken versetzen oder wir fühlen uns augenblicklich entspannt. Ebenso verhält es sich mit optischen Eindrücken. Der menschliche Körper ist ein komplexes System, das auf Veränderung äußerer Einflüsse sofort reagieren kann. Es erscheint daher logisch, dass man solche Veränderungen auch anhand verschiedener Körperfunktionen sowohl qualitativ als auch quantitativ messen kann. Einige Therapiemaßnahmen machen sich diese Umstände heutzutage schon zu Nutze. Waren die Auswirkungen von Tönen und Geräuschen sowie von Licht auf die Gesundheit und Stimmung der Menschen schon in der Antike bekannt, erfuhren im Laufe der letzten Jahrzehnte Musik- und Lichttherapie einen großen Aufschwung. Besonders gerne werden solche Maßnahmen bei psychologischen Problemen angewandt. Als Beispiele seien hier zum einen die Behandlung saisonal bedingter Depressionsformen (SAD) durch Lichtbestrahlung und die Beschallung von Patienten verschiedenster Störungen mit unterschiedlichen akustischen Reizen zur Verbesserung des jeweiligen Krankheitsbildes (Autismus, Menschen mit besonderen Bedürfnissen, ADHS-syndrom, u.v.m.) angeführt.

Gehör und Sehsinn sind also wichtige Rezeptoren des menschlichen Organismus in Hinblick auf die Anpassungsfähigkeit an seine Umwelt. Während sich der Hörbereich des gesunden Menschen auf ungefähr 10 Oktaven erstreckt (16 - 16000 Hz), so fällt jener Frequenzbereich, den das menschliche Auge wahrnehmen kann mit nur einer Oktave relativ bescheiden aus.

Bezüglich der Wirkung des Lichts auf den menschlichen Organismus wurde in den vergangenen Jahrzehnten eifrig geforscht [Rose97]. Dennoch konnten viele Dinge noch nicht eindeutig geklärt werden. Ähnlich verhält es sich auch mit der Untersuchung von akustischen Reizen und deren Auswirkungen. Die Anzahl der vorliegenden Studien wächst zwar stetig, allerdings zeigen sich, aus welchen Gründen auch immer, bisher keine wirklich einheitlichen Ergebnisse. In den 3 Arbeiten, die dieser Diplomarbeit zugrunde liegen, gingen die Verfasser mangels einheitlicher früherer Forschungsergebnisse bei ihrer statistischen Auswertung daher jeweils von der Nullhypothese aus, dass sowohl Licht wie auch akustische Reize keinerlei Einfluss auf den menschlichen Organismus haben.

Indem der menschliche Körper als ein komplexes dynamisches System angesehen werden kann, in welchem ständig ablaufende Steuer- und Regelprozesse stattfinden, wurden neue Wege zur Untersuchung biophysikalischer Signale eingeschlagen. So wird beispielsweise der Herzschlag stetig durch das autonome Nervensystem beeinflusst. Das rhythmische Verhalten dieser Mechanismen weist charakteristische Zeitskalen auf. Eine Zeitreihenanalyse der Variabilität der Herzfrequenz - Heart-Rate-Variability oder kurz HRV genannt - ist die Konsequenz der angestellten Überlegungen. Die HRV kann leicht bestimmt werden, indem man die Dauer der Herzschlagintervalle (NN-Intervalle) innerhalb einer bestimmten Zeitdauer oder für eine bestimmte Anzahl der Intervalle misst. Die Standardabweichung aller aufeinanderfolgenden NN-Intervalle einer solchen Zeitreihe ist die Herzfrequenzvariabilität in

engerem Sinn. Der fernöstlichen Medizin war schon vor knapp 2000 Jahren das Phänomen der HRV bekannt.

»Wenn der Herzschlag so regelmäßig wie das Klopfen des Spechts oder das Tröpfeln des Regens auf dem Dach wird, wird der Patient innerhalb von vier Tagen sterben. «

WANG SHU-HO (180–270 n.Chr.)

In der westlichen Medizin wurde im 18. Jahrhundert zum ersten Mal die HRV von Stephan Hales näher untersucht und beschrieben. Ihm gelang eine quantitative Messung des arteriellen Blutdrucks, und er fand einen wesentlichen Zusammenhang zwischen demselben und dem respiratorischen System. In den 60er Jahren des 20. Jahrhunderts fand die HRV erstmals Einzug in die pränatale Diagnostik zur Bestimmung der Herzfrequenz des Ungeborenen. In den späten 80er Jahren schließlich wurde der HRV die Relevanz zur Vorhersage der Mortalität nach einem akuten Myokardinfarkt zugesprochen [Task96]. Heute befassen sich neben der klinischen Medizin unter anderem auch die Arbeits- und Sportmedizin sowie die Chronobiologie [Hild89] und Physiologie mit der HRV.

In den vorliegenden Arbeiten kam zur Messung der NN-Intervalle ein Messgerät der Firma proQuant zum Einsatz (proQuant-PFM[®]), mit dessen Hilfe es möglich war, die gesammelten Daten mittels Laptop oder PC gleich einzulesen und auszuwerten. Die genaue Beschreibung der einzelnen Experimente befindet sich in Kapitel 6.

Schäfer entwickelte im Rahmen seiner Dissertation [Schä04] ein Analyseprogramm mit dem Namen „HRV-Analyse“ in C++, das in der Folge auch von Elagöz [Elag05] und Diepold [Diep06] verwendet wurde. Diese Software ermöglicht das Einlesen und Analysieren der vom proQuant-PFM exportierten Textdateien. Neben der Untersuchung verschiedenster HRV-Variablen können damit auch sämtliche Rohdaten artefaktkorrigiert werden. Während Diepold korrigierte Werte für seine Analyse verwendete, arbeitete Elagöz nur mit nicht-artefaktkorrigierten Daten. Auch hinsichtlich der statistischen Auswertung kamen unterschiedliche Tests zum Einsatz. Vergleiche der vorliegenden Ergebnisse sowie Vereinheitlichung und Gegenüberstellung neuer, ergänzender Tests, die Aufschluss über die Weiterentwicklung in Sachen HRV-Analyse geben sollen, waren Hauptanliegen dieser Arbeit.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	5
Abstract	6
Einleitung.....	7

I MEDIZINISCHE UND BIOPHYSIKALISCHE GRUNDLAGEN

1. Herz und Nervensystem	12
1.1 Aufbau und Funktionsweise des Herzens	12
1.2 Das Nervensystem	13
1.3 Erregungsausbreitung am Herzen und Elektrokardiogramm (EKG).....	13
2. Das Auge und die Lichtwahrnehmung	14
2.1 Das menschliche Auge und der Sehsinn	14
2.2 Saisonal abhängige Depression (SAD) und Lichttherapie	15
3. Der Gehörsinn	15
3.1 Physikalische Grundlagen	16
3.2 Aufbau und Funktionsmechanismen des menschlichen Ohres	16

II EXPERIMENTE UND AUSWERTUNG

4. Analyse der Heart-Rate-Variability (HRV)	18
4.1 Grundsätzliches	18
4.2 Einfluss der Atmung	18
4.3 Verschiedene HRV-Parameter im Überblick	19
4.4 Puls-Atem-Variablen	21
5. Statistische Grundlagen	25
5.1 t-Test für abhängige Stichproben	25
5.2 Vorzeichentest und Wilcoxon-Vorzeichenrangtest	25
5.3 Einfaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung - repeated measurements.....	27
5.4 Friedman-Test und Quade-Test	28
5.5 Lineare Regression	29
5.6 Trendbereinigung - Trendtest von Page	31

6.	Experimente	32
6.1	Allgemeines	32
6.2	Schäfer Farblichter	33
6.3	Elagöz	35
6.4	Diepold	36
6.5	Schäfer Weißlichter	38
7.	Auswertung zentraler Puls-Atem-Variablen	39
7.1	Allgemeines	39
7.2	Signifikanzdiagramme und Watsons U^2 -Test	42
7.3	Schäfer Farblichter	45
7.3.1	Abkürzungen	45
7.3.2	Darstellung der Ergebnisse und Interpretation	47
7.4	Elagöz	55
7.4.1	Abkürzungen	55
7.4.2	Darstellung der Ergebnisse und Interpretation	56
7.5	Diepold	65
7.5.1	Abkürzungen	65
7.5.2	Darstellung der Ergebnisse und Interpretation	67
7.6	Schäfer Weißlichter	81
7.6.1	Abkürzungen	81
7.6.2	Darstellung der Ergebnisse und Interpretation	82
8.	Diskussion und Ausblick	92
8.1	Diskussion und Interpretation	92
8.2	Ausblick und Schluss	94

ANHANG A-D: AUSWERTUNG WEITERER PULS-ATEM-VARIABLEN

ANHANG A:	Schäfer Farblichter	95
ANHANG B:	Elagöz	103
ANHANG C:	Diepold	111
ANHANG D:	Schäfer Weißlichter	131
ANHANG E	Gewichtete und zeitlich korrigierte Regression	144
ANHANG F	Abfolgepläne der Farbreize und Einzeldiagramme	151
F.1	Schäfer Farblichter	151
F.2	Elagöz	153
F.3	Diepold	155
F.4	Schäfer Weißlichter	157
Literaturverzeichnis		161
Danksagung		164
Lebenslauf		165

I Medizinische und biophysikalische Grundlagen

Da sich die vorliegende Arbeit hauptsächlich mit der statistischen Auswertung und Interpretation von Experimenten beschäftigt, wird im Folgenden auf die medizinischen und biophysikalischen Grundlagen nur cursorisch eingegangen. Dem interessierten Leser wird empfohlen, sich mit den drei zugrunde liegenden Arbeiten von Schäfer [Schä04], Elagöz [Elag05] und Diepold [Diep06] näher auseinander zu setzen.

1. Herz und Nervensystem

1.1 Aufbau und Funktionsweise des Herzens

Das Herz ist ein Muskel, der als Pumpe in unserem Körper fungiert. Der Herzmuskel besteht aus 2 getrennten Teilen, welche den Lungen- und den Körperkreislauf mit Blut versorgen. Im rechten Vorhof wird das sauerstoffarme Blut, das aus den Körperorganen durch die beiden Hohlvenen zurückfließt, aufgenommen. Nun erfolgt die Weiterleitung durch die rechte Herzkammer. Über die Lungenarterien fließt das Blut zur Lunge, wo es mit Sauerstoff angereichert wird. Im Anschluss daran wird das sauerstoffreiche Blut über die Lungenvenen in den linken Vorhof geführt, wo es durch Kontraktion der linken Herzkammer nun schließlich in die Aorta gepumpt wird. Über die Arterien werden somit sämtliche Körperorgane mit Blut versorgt. Abschließend fließt das verbrauchte Blut durch die Venen wieder zum Herzen zurück. Man spricht daher von einem Blutkreislauf.

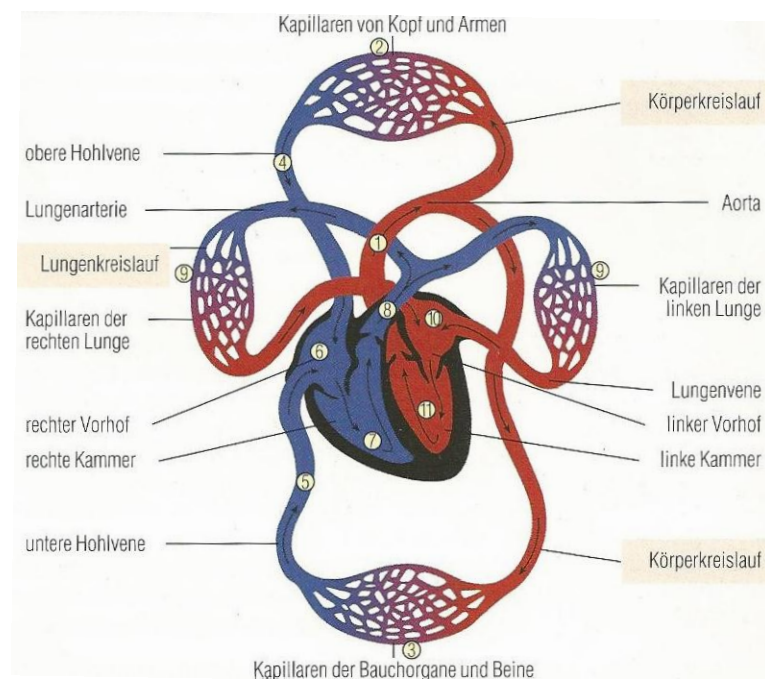


Abb. 1.1 Der Blutkreislauf, aus [Sche08]

1.2 Das Nervensystem

Das menschliche Nervensystem wird grundsätzlich in 2 Teile gegliedert: das **zentrale Nervensystem (ZNS)**, welches aus Gehirn und Rückenmark besteht, und das sogenannte **periphere Nervensystem**. Letzteres wiederum fasst all jene Nerven zusammen, welche die Informationen aus der Umwelt und dem Körper an das Gehirn und das Rückenmark weiterleiten bzw. in umgekehrter Richtung.

Eine andere Unterteilung ist jene in **animalisches** und **vegetatives Nervensystem**. Während die Vorgänge im animalischen Nervensystem hauptsächlich bewusst gesteuert werden, laufen sie im vegetativen Nervensystem (**VNS**) zum größten Teil unwillkürlich ab. Vor allem die inneren Organe - und somit auch das Herz - werden vom VNS gesteuert [Lipp91]. Oft findet man dafür in der Literatur auch die Bezeichnung **autonomes Nervensystem** [Silb01].

Das VNS wird wiederum in zwei Teile gegliedert: den **Sympathikus**, dessen vegetative Zentren im Lenden- und Brustwirbelbereich liegen, sowie den **Parasympathikus**. Hier liegen die dazugehörigen Zentren im Sakralmark und im Hirnstamm. Während der Sympathikus hauptsächlich in Stress- und Notfallsituationen aktiviert wird (Kampf-Flucht-Situation), ist der Parasympathikus für Regeneration und Entspannung verantwortlich (z.B. Verdauung oder Schlaf). In der Regel sind stets beide Teile des VNS aktiv, wobei jeweils ein Anteil überwiegt. Im Falle des Herzens bedeutet eine höhere Sympathikusaktivität eine höhere Frequenz, gesteigerter Blutdruck, schnellere Atmung sowie erweiterte Bronchien. Allgemein ist der Wachzustand erhöht. Ist der Parasympathikus stärker ausgeprägt, führt das zu einer geringeren Herzfrequenz. Der Blutdruck wird gesenkt und die Regeneration gefördert [Steg91].

1.3 Erregungsausbreitung am Herzen und Elektrokardiogramm (EKG)

Üblicherweise wird das Herz durch den **Sinusknoten** erregt. Er kann also durchaus als der Schrittmacher des Herzens bezeichnet werden. Aufgrund des muskulären Aufbaus des Herzens ist es möglich, dass sich ein Reiz, der z.B. in einem der Vorhöfe entsteht über das gesamte Herz ausbreitet und zur Kontraktion führt. Der Sinusknoten befindet sich im Bereich des rechten Vorhofs. Während der verschiedenen Phasen der Reizübertragung ändern die Muskelzellen ständig ihre elektrische Ladung. Es kommt daher in der Herzmuskulatur zu Potentialdifferenzen zwischen unerregten und erregten Fasern.

Diese sich ausbildenden Stromschleifen breiten sich bis an die Körperoberfläche aus, wo sie mit Hilfe von Elektroden und einem Verstärker im sogenannten **Elektrokardiogramm**, kurz **EKG**, sichtbar gemacht werden können. Ohne hier nun näher auf die Entstehung eines EKGs eingehen zu wollen, sei kurz erwähnt, dass es verschiedenen Möglichkeiten zur EKG-Ableitung beim menschlichen Körper gibt. Die aufgezeichneten Kurven weisen charakteristische Merkmale wie z.B. Zacken auf.

Da in dieser, wie auch schon in den Vorgängerarbeiten hauptsächlich die **Puls-Atem-Variablen** untersucht werden, war es wichtig, möglichst exakte Anfangs- bzw. Endpunkte für die einzelnen Herzzyklen zu finden. Am geeignetsten erschien hier die R-Zacke, weil diese in jedem EKG am schärfsten ausgeprägt ist. Die HRV stellt eine Zeitreihe von aufeinanderfolgenden Herzzyklen dar. Ein einzelner Zyklus entspricht in unserem Fall einem R-R-Intervall [Thew97].

2. Das Auge und die Lichtwahrnehmung

2.1 Das menschliche Auge und der Sehsinn

Grundlagen aus [Klin03]. Während im menschlichen Ohr die Sinneseindrücke durch Longitudinalwellen (Schallwellen) hervorgerufen werden (Kapitel 3), erfolgt im Auge die Verarbeitung **transversaler Wellen**. Genauer gesagt handelt es sich hierbei um den sichtbaren Lichtbereich des **elektromagnetischen Strahlungsspektrums**. Dieser Ausschnitt beinhaltet Wellenlängen zwischen rund 400 und 750 nm.

Das Auge ist ein präzises optisches Instrument. Der Lichteintritt erfolgt über die Kornea. Der Ziliarmuskel steuert die Krümmung und somit auch die Brechkraft der Linse. Man spricht von Fern- bzw. Nahakkommodation. Die Iris übernimmt die Funktion einer Blende und reguliert somit den Lichteinfall durch die Pupille. Der Glaskörper und die Augenkammern sind jeweils mit unterschiedlichen Flüssigkeiten gefüllt. Dadurch entstehen unterschiedlich dichte optische Medien, die den Strahlengang modifizieren. Auf der Netzhaut oder Retina entsteht nach den Abbildungsgesetzen der geometrischen Optik ein verkleinertes, umgekehrtes Bild. Die Stelle des schärfsten Sehens, die Fovea centralis, liegt am Schnittpunkt der optischen Achse mit der Retina.

Die Netzhaut entsteht in ihrer embryonalen Entwicklung durch die Ausstülpung eines Teils des Gehirns. Sie verhält sich auch im voll entwickelten Zustand wie ein komplexes neuronales Netzwerk. Wesentlicher Bestandteil der Retina ist die Sensorschicht, die aus Photorezeptoren besteht. Davon entfallen rund 120 Millionen auf Stäbchen, die für das Schwarz-Weiß-Sehen verantwortlich sind und die restlichen 6 Millionen Rezeptoren auf die Zapfen, die uns das Farbsehen ermöglichen. Der Sehnerv schließlich, Nervus opticus, wird aus den Axonen der Ganglienzellen gebildet.

Die Grundlage unseres Farbsehens ist die Existenz dreier unterschiedlicher Zapfentypen in der Netzhaut. Für die Weiterverarbeitung verantwortlich sind Neuronen in der Retina, im Thalamus und im visuellen Kortex. Letzterer ist gewährleistet auch Farbkontrast und Farbkonstanz. Das Farbsehen entsteht nach den Gesetzmäßigkeiten der sogenannten additiven Farbmischung, bei welcher die verschiedenen, auf einem bestimmten Punkt der Netzhaut eintreffenden Lichtreize interagieren und so bestimmte Zapfentypen ansprechen. Dem

gegenüber steht die subtraktive Farbmischung, die man aus dem Mischen der Farben im Malkasten kennt und einen rein physikalischen Hintergrund besitzt. Die additive Farbmischung wird in unserem Zusammenhang auch physiologische Farbmischung genannt.

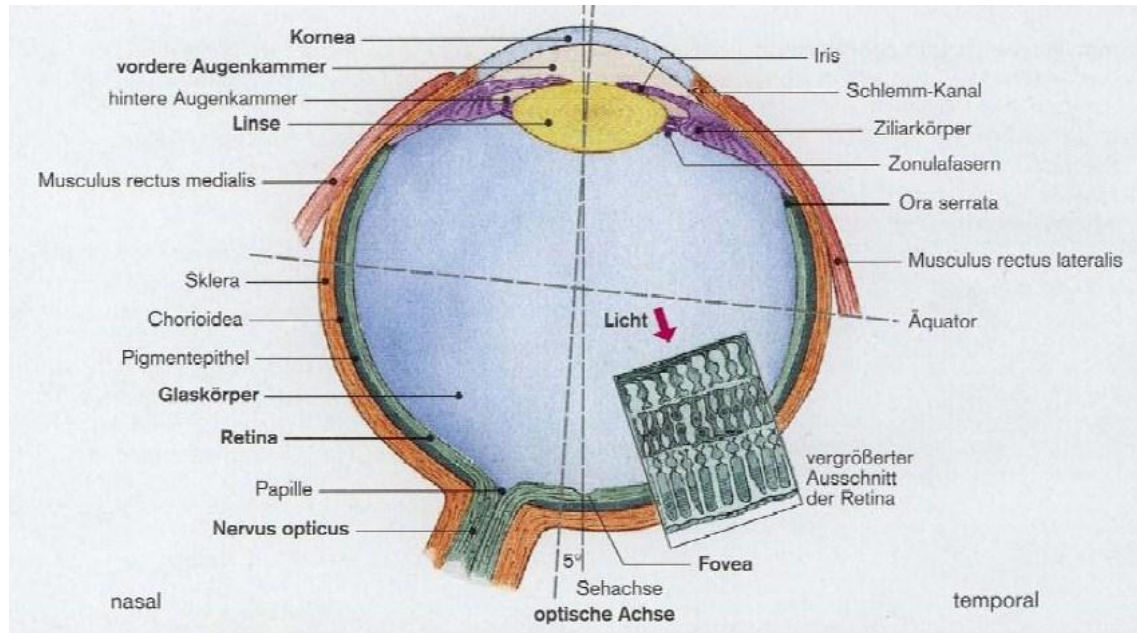


Abb. 2.1: Das menschliche Auge, aus [Klin03]

2.2 Saisonale abhängige Depression (SAD) und Lichttherapie

Dieser Abschnitt dient als Hinweis auf Anwendungsmöglichkeiten der nachfolgenden Ergebnisse, vor allem in den Kapiteln 7.3, 7.4, 7.6 und den Anhängen A, B und D. Leser, welche sich für das Thema SAD und Lichttherapie im Speziellen interessieren, können dazu wertvolle Informationen z.B. in [Neum94], [Kasp88], [Rose84], [Schä09] und [Wirz00] nachschlagen.

3. Der Gehörsinn

Der menschliche Gehörsinn dient in erster Linie zur Orientierung im entsprechenden Lebensraum. Außerdem gilt das Ohr als Warnorgan. Der Sehsinn kann willentlich ausgeschaltet werden, indem man die Augen schließt. Dieser Umstand ist beim Gehörsinn jedoch nicht möglich. Die Ohren sind daher ständig „auf Empfang“. Dieser Umstand wird besonders nachts deutlich, wenn der Sehsinn infolge der Dunkelheit stark beeinträchtigt ist. Generell ist bekannt, dass sämtliche anderen Sinne deutlich stärker wahrgenommen werden,

sobald der Sehsinn eingeschränkt wird. Der interessierte Leser findet genauere Ausführungen in [Birb99].

3.1 Physikalische Grundlagen

Schallwellen gehen immer von einer bestimmten Schallquelle aus. Diese Wellen regen Luftmoleküle zum Schwingen an und erzeugen Verdünnungen und Verdichtungen, welche gleichermaßen einen niedrigeren bzw. höheren Luftdruck in diesen Bereichen verursachen. Schallwellen werden aufgrund ihrer Ausbreitungsrichtung, die gleich der Schwingungsrichtung ist, als **Longitudinalwellen** bezeichnet. Es gilt folgender Zusammenhang zwischen Ausbreitungsgeschwindigkeit c , Wellenlänge λ und Frequenz f :

$$c = \lambda f \quad (3.1)$$

Der menschliche Hörbereich reicht von 16 Hz bis maximal 16 000 Hz. Der Frequenzbereich unterhalb der 16 Hz wird Infraschall, jener über 16 000 Hz Ultraschall genannt.

Man unterscheidet ferner verschiedene Schallereignisse. Eine einzelne Sinusschwingung einer bestimmten Frequenz wird als Ton bezeichnet. Die Summe unserer akustischen Umwelteindrücke besteht aber vielmehr aus Klängen und Geräuschen. Diese beinhalten sowohl Obertöne zum jeweiligen Grundton bzw. sämtliche Frequenzen des Hörbereichs. Hier spricht man von Rauschen.

3.2 Aufbau und Funktionsmechanismen des menschlichen Ohres

Die Aufnahme der Schallwellen erfolgt primär durch die Ohrmuschel. Anschließend treten sie so in den äußeren Gehörgang ein, wo sie auf das Trommelfell treffen. Dieses nimmt die Schwingungen auf und leitet sie an die Gehörknöchelchenkette weiter, die aus Hammer, Amboss und Steigbügel besteht. Am Ende dieser Kette beginnt der Abschnitt des mit Flüssigkeit gefüllten Innenohrs. Hier befinden sich die eigentlichen **Sinneszellen**.

Das Hör- und Gleichgewichtsorgan liegen im sogenannten knöchernen Labyrinth. Aufgrund seiner Form wird das Hörorgan auch Schnecke oder Cochlea genannt. Ihre zweieinhalb Windungen bestehen aus jeweils drei flüssigkeitsgefüllten Etagen. Im Boden der mittleren Etage befindet sich das **Corti-Organ**, das auch sensorischer Apparat genannt wird. Hier liegen die Hörsensorzellen mit ihren haarförmigen Fortsätzen. Man unterscheidet äußere und innere Haarzellen. Bei Gehörschädigungen sind in erster Linie die äußeren Haarzellen betroffen. Beide Arten von Hörsensorzellen werden getrennt voneinander innerviert. Der Hörnerv - Nervus acusticus - setzt sich aus 30 000 bis 40 000 afferenten Nervenfasern zusammen. Da die inneren Hörzellen von jeweils einer einzigen Faser erreicht werden, sich die Fasern zu den äußeren Hörzellen jedoch vielfach verzweigen, entfallen nur rund zehn Prozent der afferenten Nervenfasern auf die äußeren Haarzellen. Genauere Ausführungen siehe [Diep06]

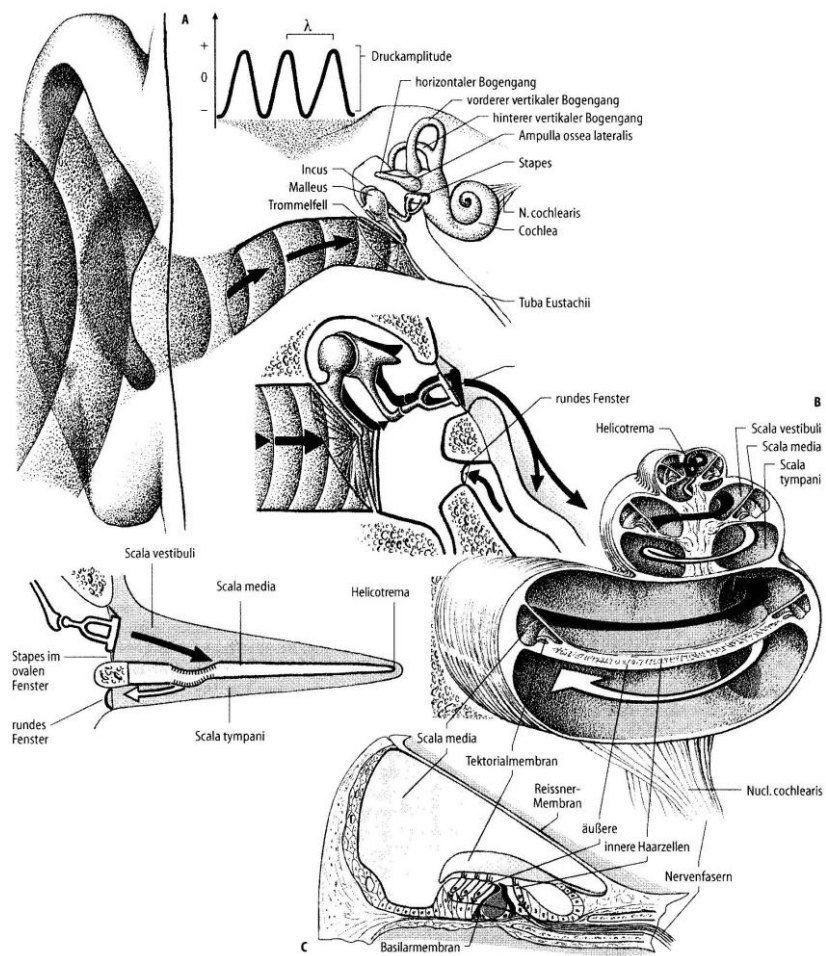


Abb. 3.1: Das menschliche Ohr, aus [Diep06]

II Experimente und Auswertung

4. Analyse der Heart-Rate-Variability (HRV)

4.1 Grundsätzliches

Die Herzfrequenz unterliegt verschiedenen äußeren Einflüssen wie zum Beispiel körperlichem und psychischem Stress sowie Belastung, aber auch einem komplexen körpereigenen Regelsystem. Letzteres sorgt für ein anpassungsfähiges und dynamisches Gleichgewicht im Herz-Kreislauf-System.

Die Heart-Rate-Variability (HRV) oder Herzfrequenz-Variabilität ist nichts weiter als die Zeitreihe aufeinanderfolgender R-R-Intervalle. Sie wird durch viele HRV-Variablen charakterisiert. Streng mathematisch genommen wird aber die Standardabweichung aller aufeinanderfolgender R-R-Intervalle als HRV bezeichnet. Im Wortteil „variability“ steckt bereits die natürliche Schwankung der aufeinanderfolgenden Intervalle. Beim gesunden Menschen erfolgt diese Schwankung infolge seiner Anpassungsfähigkeit an die oben beschriebenen Faktoren bereits im Ruhezustand um einige Schläge pro Minute [Horn01]. Sie ist ein Maß für den tonischen Funktionszustand des vegetativen Nervensystems. Man kann sie qualitativ und quantitativ analysieren.

In den letzten Jahren hat das Interesse an der Untersuchung der HRV stetig zugenommen. Vor allem im Bereich der Chronobiologie, der Sport- und Arbeitsmedizin sowie in der Physiologie findet die HRV immer mehr Beachtung [Bigg92]. Sie dient hier besonders zur Beurteilung des vegetativen Zustandes der Probanden sowie zur Einschätzung von psychophysischen Beanspruchungen [Espe92]. Die rhythmischen Schwankungen aufeinanderfolgender Herzschläge gelten allgemein als Messgröße, die die Anpassungsfähigkeit des Organismus an die verschiedensten Einflüsse darstellt.

4.2 Einfluss der Atmung

Der unmittelbare Einfluss der Atmung auf die HRV ist besonders im Ruhezustand eindrucklich beobachtbar. Während beim Einatmen das Herzvolumen stark verringert wird, erhöht sich die Herzfrequenz. Beim Ausatmen kann sich das Volumen wieder ausdehnen und die Herzfrequenz sinkt. Atem- und Herzrhythmus passen sich einander an. Man spricht auch von respiratorischer Sinusarrhythmie (RSA) [Schä08], [Schä09]. Diese ist am stärksten bei einer Atemfrequenz von 0.1 Hz - das entspricht sechs Atemzügen pro Minute - ausgeprägt [Patz92]. Erhöht sich der Sympathikustonus, wird der Einfluss der RSA immer geringer (z.B. bei körperlicher und/oder seelischer Belastung) [Horn01].

4.3 Verschiedene HRV-Parameter im Überblick

Startpunkt jeder HRV-Untersuchung ist zunächst einmal das EKG-Signal. Den Beginn der Herzkontraktion stellt zwar eigentlich die sogenannte P-Welle dar, da diese jedoch im Allgemeinen nicht eindeutig ausgeprägt ist, werden zur weiteren Interpretation und zu den Berechnungen die weitaus prägnanteren R-Zacken herangezogen.

Es existieren Studien mit verschiedenen zeitlichen Ansätzen zum Thema HRV. Einerseits geben Langzeitaufzeichnungen einen guten Überblick über den zirkadianen Rhythmus (24-stündig) und sind in der klinischen Datenauswertung äußerst relevant [Eps92]. Andererseits können Kurzzeitmessungen eine weitaus bessere Beurteilungsgrundlage für die Reaktion auf plötzlich auftretende Ereignisse liefern. Dazu werden allerdings stationäre Bedingungen benötigt, welche eben bei Langzeitmessungen nicht möglich sind. In den 3 Arbeiten, die dieser hier zugrunde liegen, wurden jeweils Kurzzeitmessungen vorgenommen. (Schäfer: 180 Herzzyklen (≈ 3 Minuten), Elagöz sowie Diepold: 300 Herzzyklen (≈ 5 Minuten))

Ausgangspunkt der folgenden Überlegungen ist immer eine Messung der Zeitreihe aufeinanderfolgender R-R-Intervalle. In Abb. 4.1 wird eine typische HRV-Zeitreihe dargestellt. Sie stammt von einer 25-jährigen, gesunden Frau. Die Ordinate zeigt in der unteren Hälfte des Diagramms die Länge der RR-Intervalle in ms und im oberen Bereich die momentane Herzfrequenz in min^{-1} (bpm = beats per minute). Auf der Abszisse sind die Indizes der jeweiligen Herzzyklen aufgetragen; in diesem Beispiel wurden 300 Zyklen beobachtet. Anm.: In dieser Arbeit wurde, wie weiter oben bereits erwähnt, bei verschiedenen Experimenten mit unterschiedlich langen Zyklen gearbeitet.

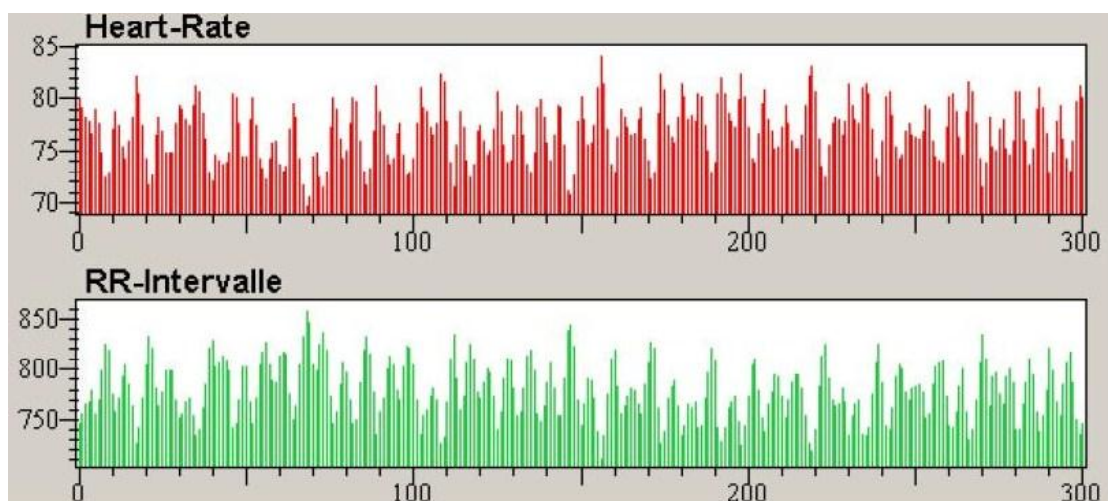


Abb. 4.1: HRV-Zeitreihe einer 25-jährigen Frau [Elag05]

Daraus lassen sich z.B. Time-Domain-Variablen bestimmen. Tab. 4.1 zeigt einen Überblick über die Time-Domain-Variablen, deren Bezeichnung den internationalen Standards [Task96] genügt.

Variable	Einheit	Beschreibung
\overline{NN}	ms	Mittelwert der NN-Intervalle
SDNN	ms	Standardabweichung aller NN-Intervalle
SDSD	ms	Standardabweichung der Differenzen $NN_{i+1}-NN_i$
RMSSD	ms	Wurzel des mittleren Differenzenquadrates
NN50	---	Anzahl der Differenzen > 50 ms
pNN50	%	prozentualer Anteil derselben
SDANN *	ms	Standardabweichung der einzelnen NN-Mittelwerte aller 5 min-Teilzeitreihen
SDANN index *	ms	Mittelwert der Standardabweichungen der einzelnen 5 min-Teilzeitreihen

*nur sinnvoll für Langzeitbeobachtungen - z.B.: 24-Stunden-Zeitreihe

Tab. 4.1: Time-Domain-Variablen, internationale Bezeichnungen

Die Bezeichnung NN stammt aus dem Englischen und steht für "normal to normal". Sie ist gleichbedeutend mit der Variable RR, welche ihren Namen aufgrund der R-Zacken des EKGs trägt. \overline{NN} , der Mittelwert aller NN-Intervalle, ist die einfachste aller Time-Domain-Variablen. Die durchschnittliche Herzfrequenz in min^{-1} ergibt sich aus dem Quotienten von 60 ms und \overline{NN} in ms.

$$P(\text{in min}^{-1}) = \frac{60000 (\text{in ms})}{\overline{NN} (\text{in ms})} \quad (4.1)$$

Im Allgemeinen entspricht die Herzfrequenz bei gesunden Menschen der Pulsfrequenz. Die beiden Begriffe werden daher im Folgenden auch synonym verwendet.

Die anderen oben angeführten Time-Domain-Variablen finden in der vorliegenden Arbeit keine direkte weitere Verwendung, daher wird hier auf die formelle Darstellung und ausführliche Erklärung verzichtet. Genauere Angaben finden sich bei [Schä04], [Elag05], [Diep06]

Bei der **Frequency-Domain-Messung** unterscheidet man grundsätzlich 4 verschiedene Möglichkeiten:

- HF (High Frequency) 0.15 - 0.04 Hz
- LF (Low Frequency) 0.04 - 0.15 Hz
- VLF (Very Low Frequency) 0.003 - 0.04 Hz
- ULF (Ultra Low Frequency) * < 0.003 Hz

*nur sinnvoll bei Messzeiten > 5 Minuten

Man bezeichnet diese Art der Untersuchungen auch als Spektralanalyse. Die oben stehenden 4 Frequenzbänder werden hauptsächlich bei Kurzaufzeichnungen der HRV-Zeitreihen zur Analyse verwendet. Mit Hilfe dieser Methoden wird versucht, sowohl den sympathischen als auch den parasympathischen Einfluss auf die Herzfrequenz zu beleuchten. Nicht in allen Frequenzbereichen ist jedoch die physiologische Interpretation bereits restlos geklärt. Erwähnenswert in jenem Zusammenhang erscheint auch noch das LF/HF-Verhältnis. Es kann

nach jüngsten Forschungsergebnissen als Maß für das Gleichgewicht von Sympathikus- und Parasympathikusaktivität angenommen werden.

Des Weiteren stehen noch andere (z.B. **nichtlineare** und **fraktale**) Methoden zur HRV-Analyse zur Verfügung, auf welche hier aber nicht eingegangen wird. Siehe [Schä04].

In der vorliegenden Arbeit wird das Hauptaugenmerk auf die Puls-Atem-Variablen gelegt, von welchen der Puls bereits besprochen wurde. Weitere Variablen befinden sich im folgenden Kapitel.

4.4 Puls-Atem-Variablen

Das Hauptaugenmerk liegt in dieser Arbeit auf den sogenannten Puls-Atem-Variablen. Allem voran von besonderem Interesse war der **Puls-Atem-Quotient**, in der Folge kurz **Q** genannt. Q ist das Verhältnis von Atemzügen zu Puls- bzw. Herzschlägen. Er gibt also an, auf wie viele Pulsschläge im Mittel ein Atemzug kommt.

Schäfer [Schä04] hat ein Verfahren entwickelt, mit welchem Q sehr gut geschätzt werden kann, ohne die Atemfrequenz der Probanden direkt zu messen.

Dabei wird zuerst die Zeitreihe der Differenzen der aufeinanderfolgenden NN-Intervalle gebildet. Die niederfrequenten Variationen werden somit unterdrückt und die Zeitreihe enthält nun hauptsächlich die höherfrequenten Variationen. Diese entstehen vorwiegend durch die respiratorische Sinusarrhythmie. [Schä08] Die Schwankungen von Q um einen typischen Wert werden durch eine Autokorrelationsfunktion A_r der Differenzen eliminiert.

$$A_r = \frac{1}{N-r} \sum_{n=0}^{N-r-1} \Delta_n \Delta_{n+r} \quad r = 0, 1, \dots, N-2 \quad (4.2)$$

Aus dem Leistungsspektrum der Autokorrelationsfunktion ergibt sich in der Folge ein sehr guter Schätzwert für Q.

Allgemeine Informationen zum Puls-Atem-Quotienten

Nicht nur die medizinische und chronobiologische Forschung der westlichen Medizin beschäftigt sich mit Q. Auch in anderen Kulturen und Medizinsystemen hat der Puls-Atem-Quotient eine große Bedeutung und ist dort schon sehr viel länger von hoher Wichtigkeit bei der Diagnose des Allgemeinzustandes eines Patienten.

Die indische Medizin beispielsweise, bei uns unterm dem Begriff **Ayurveda** bekannt - was übersetzt so viel bedeutet wie „Das Wissen vom Leben“ - kennt drei wesentliche Regulationsprinzipien: Vata, Pitta und Kapha. Sie stehen in engem Zusammenhang mit der Reaktionsweise des Menschen auf bestimmte Belastungen. Diese Regulationsprinzipien werden im Indischen Doshas genannt. Bei Kratky [Krat03] findet sich dazu folgende Kurzcharakteristik der drei Doshas:

Vata: wechselhaft

Pitta: intensiv

Kapha: beständig

In jedem Menschen wirkt nach der Auffassung des Ayurveda ein Zusammenspiel dieser 3 Prinzipien.

Q stellt eine Verbindung zwischen unserem, dem westlichen Kulturkreis und der fernöstlichen Medizin auf folgende Art und Weise her: Nach Sachs [Sach97] können den drei Doshas folgende Q-Werte zugeordnet werden:

Vata: $Q \approx 5$ bis 6

Pitta: $Q \lesssim 7$

Kapha: $Q < 4$

Darüber hinaus besteht in der Folge auch ein Zusammenhang mit den typischen Pulswerten, die den Doshas zugeordnet werden können. Nach Rhyner [Rhyn97] gilt:

Vata: $P \approx 84 \text{ min}^{-1}$

Pitta: $P \approx 74 \text{ min}^{-1}$

Kapha: $P \approx 65 \text{ min}^{-1}$

Q kommt auch in der Traditionellen Chinesischen Medizin (**TCM**) vor. Hier stehen einander die beiden Polaritäten Yin und Yang gegenüber. Sie sind zwei einander ergänzende Pole die nach [Krat03] wie folgt charakterisiert werden können:

Yin:	kalt	nass	dunkel	weiblich
Yang:	heiß	trocken	hell	männlich

Auch Q kann den beiden Polaritäten Yin und Yang zugeordnet werden. Es finden sich ähnliche Zusammenhänge wie im Ayurveda. Trinh [Trin04] unterscheidet auch in der TCM langsame und schnelle Pulsfrequenzen. Die Charakteristik lautet wie folgt:

Schneller Puls:	dominiert von Yang;
$Q \geq 5$	Unruhe, Dynamik und Bewegung

Langsamer Puls:	dominiert von Yin;
$Q \approx 3$	Trägheit und wenig Dynamik

Der Puls-Atem-Quotient eines gesunden Menschen liegt nachts während der Tiefschlafphase (3 - 6 Uhr) bei 4 und gilt als physiologisch günstig und besonders energiesparend [Hild98]. Chronobiologischen Forschungsergebnissen zufolge unterliegt Q im Tagesverlauf individuellen Schwankungen. Trotzdem gleicht sich nachts im bereits erwähnten Zeitfenster Q bei allen Typen, egal ob nach Ayurveda oder TCM klassifiziert, dem Wert 4 an.

Es liegt also nahe, dass Q ein interkulturelles Analysewerkzeug in der medizinischen Diagnose darstellt.

Weitere, in dieser Arbeit untersuchte Puls-Atem-Variablen:

- Die mittlere Atemfrequenz bzw. breathing rate **B**: $B = \frac{P}{Q}$ entsprechend $Q = \frac{P}{B}$
- **|B-16|**: Die Werte für die mittlere Atemfrequenz verändern sich im Laufe des Lebens. Bei einem gesunden Erwachsenen liegt sie im Durchschnitt bei $B \approx 16 \text{ min}^{-1}$. Daher wurde auch bei der Atemfrequenz der Absolutbetrag minus 16 verwendet.
- **|Q-4|**: Aufgrund der Tatsache, dass 4 als physiologisch am Günstigsten für Q gilt, wurde zur Analyse auch der Betrag von Q minus 4 herangezogen.
- **|P-64|**: analog zu |B-16| und |Q-4|; Diese Variable ergibt sich aufgrund der Referenzwerte für A = 16 und Q = 4. Außerdem ist P = 64 min⁻¹ auch ein typischer Pulswert.
- Um das Streuen von rechtsschiefen (in der Literatur findet man auch den Begriff "linkssteilen") Verteilungen, also Verteilungen mit ausgeprägter Asymmetrie in Richtung hoher Werte auszugleichen, wurden auch noch die natürlichen Logarithmen der bereits vorgestellten Variablen zur Analyse benützt. Diese lauten daher wie folgt: **lnNN, lnP, |lnP-ln64|, lnB, |lnB-ln16|, lnQ, |lnQ-ln4|**

Ein Beispiel zu einer rechtsschiefen Verteilung wäre folgendes:

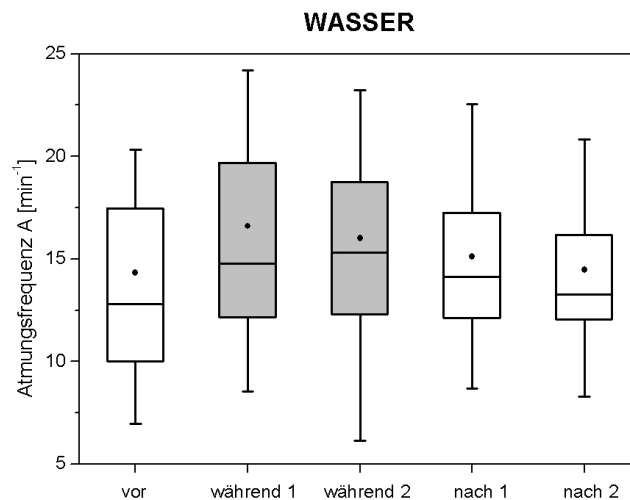


Abb. 4.2: Boxplot-Darstellung der durchschnittlichen Atemfrequenz; aus [Diep06]

In obiger Abb. 4.2 sind die durchschnittlichen Atemfrequenzen der 12 Versuchspersonen bei Diepold zu den 5 aufeinanderfolgenden Messzeitpunkten in Form von Box-Plots dargestellt. (arithmetisches Mittel . , Median = 2. Quartil ----). Größter und kleinster Wert sind durch die Linien außerhalb der Boxen gekennzeichnet. Die Box selbst begrenzt das 1. und 3. Quartil der Messwerte. Liegt das arithmetische Mittel oberhalb des Medians, so spricht man von einer rechtsschiefen Verteilung der Werte.

Zum Vergleich die Box-Plot-Darstellung der logarithmierten Atemfrequenzen:

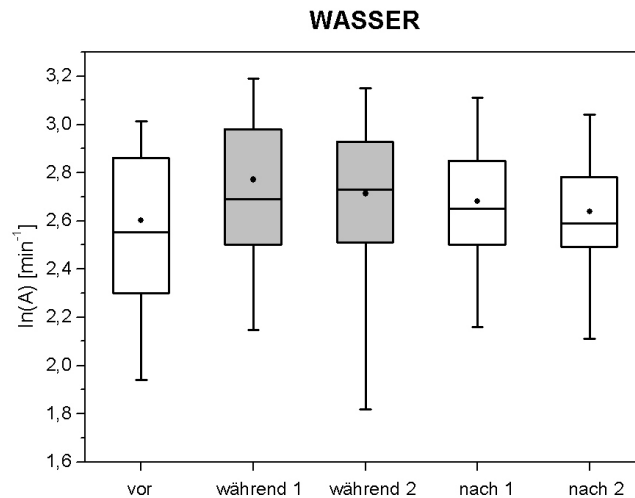


Abb. 4.3: Boxplot-Darstellung der durchschnittlichen logarithmierten Atemfrequenz; aus [Diep06]

Man erkennt, dass durch das Logarithmieren arithmetisches Mittel und Median ziemlich nahe beieinander zu liegen kommen. Wenngleich diese Verteilung auch nicht zu 100% symmetrisch ist, so ist eine deutliche Verbesserung gegenüber der Verteilung in Abb. 4.2 zu erkennen.

Schiefe Verteilungen kommen besonders dann vor, wenn Mittelwerte niedrig sowie Varianzen groß und sämtliche Messwerte positiv - im Sinne von größer als Null - sind [Limp01]. Betrachtet man z.B. die Atemfrequenz und die Pulsfrequenz eines Menschen, so wird auch sofort klar, dass diese nur Werte >0 annehmen können. Ähnliche Phänomene zeigen unter anderem die Körpergröße von Kindern und der Blutdruck. Diese Größen sind nicht symmetrisch, also nicht normalverteilt. Für sie passt wesentlich besser die Log-Normalverteilung. Nach Zhang [Zhan08] stellt die Log-Normalverteilung die wichtigste Verteilungsfunktion bei der Beurteilung von physiologischen Systemen dar. Die mathematische Beschreibung der Log-Normalverteilung ist denkbar einfach. Eine Zufallsvariable X heißt log-normalverteilt, falls $\log(X)$ normalverteilt ist. Daher wurden in dieser Arbeit die Werte der bereits angesprochenen Variablen zusätzlich logarithmiert.

Ein weiterer Vorteil des Logarithmierens kommt bei Q zum Tragen. Wenn P und B normalverteilt sind, dann ist Q es nicht, da er ja den Quotient der beiden genannten Variablen darstellt. Verwendet man jedoch die natürlichen Logarithmen $\log P$ und $\log B$, so wird nach den Rechenregeln des Logarithmus aus dem Quotienten eine Differenz. Die erhaltene neue Größe, nämlich $\ln Q$, ist demnach auch normalverteilt, wenn $\ln P$ und $\ln B$ normalverteilt sind.

Dem Leser wird vielleicht aufgefallen sein, dass die Variable $\ln NN$ nicht angeführt wird. Sie kann entfallen, da $\ln NN$ und $\ln P$ die gleiche Verteilung besitzen.

5. Statistische Grundlagen

In der vorliegenden Arbeit wurden die Daten der unterschiedlichen Experimente von Schäfer, Elagöz und Diepold alle mit denselben statistischen Tests analysiert. Ziel war es, eventuelle Vergleiche anstellen und neue Erkenntnisse über Signifikanzen gewinnen zu können. Die dazu verwendeten Tests werden in diesem Kapitel erläutert. Als Referenzliteratur sei [Bort08] genannt, falls nichts anderes angegeben ist.

5.1 t-Test für abhängige Stichproben

Wie man den Versuchsbeschreibungen in Kapitel 6 entnehmen kann, handelt es sich bei den vorliegenden Messungen um sogenannte abhängige Stichproben, da dieselben Probanden mehrmals hintereinander gemessen wurden (Messwiederholung). Logische Schlussfolgerung war daher die Verwendung des t-Tests für abhängige Stichproben. Hierzu werden die Mittelwerte (μ_1, μ_2) dieser Stichproben auf signifikante Unterschiede untersucht. Als Ergebnis des t-Tests erhält man einen p-Wert, mit dessen Hilfe man die vorher formulierten Hypothesen entweder annimmt oder verwirft. Man versteht unter dem p-Wert jene Wahrscheinlichkeit, mit der die Teststatistik den beobachteten Wert annimmt, sollte die Nullhypothese zutreffen. Bei der Nullhypothese wird davon ausgegangen, dass zwischen den untersuchten Variablen keine Korrelation bzw. kein statistischer Zusammenhang besteht. ($H_0: \mu_1 = \mu_2$, d.h. die Mittelwerte der beiden untersuchten Stichproben unterscheiden sich nicht voneinander). Ist der p-Wert des Tests jedoch kleiner als ein zuvor festgelegtes Signifikanzniveau α (in der Regel $\alpha = 0.05$ oder $\alpha = 0.01$), so wird die Nullhypothese zugunsten der Alternativhypothese $H_1: \mu_1 \neq \mu_2$ verworfen. Das heißt mit anderen Worten, dass die Wahrscheinlichkeit für ein rein zufälliges Auftreten von Differenzen zwischen den Erwartungswerten unter 5% bzw. unter 1% - je nach Annahme des Signifikanzniveaus - liegt. Bei einem Stichprobenumfang von $n \leq 30$ sollte im Allgemeinen Normalverteilung der Daten, genauer, der Differenzen in der Grundgesamtheit, vorausgesetzt werden können. Für $n > 30$ sind die Differenzen der einzelnen Paare ungefähr normalverteilt bezüglich des arithmetischen Mittels der Differenz der Grundgesamtheit. Der t-Test gilt als eher robust gegenüber Annahmeverletzungen. [Bort05]

5.2 Vorzeichentest und Wilcoxon-Vorzeichenrangtest

Der vermutlich älteste statistische Test ist der **Vorzeichentest**. Er überprüft ausgehend von Messwertepaaren folgende Nullhypothese: Der erste Messwert eines Paares ist mit der Wahrscheinlichkeit 0,5 größer oder kleiner als der zweite Messwert. Bei diesem Testverfahren wird also nur das Vorzeichen der jeweiligen Differenz betrachtet. Daher kommt auch der Name Vorzeichentest. Nulldifferenzen (=keine Änderung) werden meistens außer Acht gelassen. Im Allgemeinen verfährt man wie folgt: Bei einer geraden Anzahl von Nulldifferenzen werden sie einfach auf die positiven und negativen zur Hälfte aufgeteilt. Bei

ungeraden Anzahlen lässt man eine Nulldifferenz weg und reduziert damit die Anzahl der Messwerte von N auf $N-1$.

Die Nullhypothese setzt also voraus, dass genau so viele positive wie negative Differenzen vorkommen. Die Alternativhypothese behauptet das Gegenteil, nämlich dass entweder mehr positive oder mehr negative Differenzen auftreten (gerichtete oder zweiseitige Hypothese) oder dass die Häufigkeiten für positive und negative Differenzen einfach nur voneinander unterscheiden (ungerichtete oder einseitige Hypothese).

Aus den einzelnen Messwerten x_i ($i = 1, \dots, N$) von 2 abhängigen Stichproben wird für jedes Messwertepaar die Differenz ermittelt. Man bestimmt die Anzahl positiver und negativer Differenzen. Die Prüfgröße x wird nun definiert als die Häufigkeit jenes Vorzeichens, welches seltener vorkommt. Gilt die Nullhypothese, dann ist x binomialverteilt mit den Parametern N und der Wahrscheinlichkeit 0,5. Die Überschreitungswahrscheinlichkeiten kann man einer entsprechenden statistischen Tabelle [Bort08] entnehmen. Sie sind für einseitige Tests angeschrieben und müssen für zweiseitige Tests verdoppelt werden.

Liegt die Anzahl der Stichproben bei $N > 25$, so wird die Überschreitungswahrscheinlichkeit asymptotisch, d.h. gemäß der χ^2 -Verteilung bestimmt.

Praktisch gesehen ist der Vorzeichentest ein relativ schwacher statistischer Test. Er setzt Homogenität (Gleichartigkeit) lediglich innerhalb, aber nicht zwischen einzelnen Messwertepaaren voraus. Das bedeutet, dass z.B. Probanden verschiedenen Geschlechts oder von unterschiedlicher Schulbildung etc. in die Versuchsreihe mit einbezogen werden können, falls sie zwei Messwerte der in der gleichen Variablen liefern; in unserem Fall beispielsweise den Puls vor und nach einem bestimmten optischen oder akustischen Reiz.

Auch der Vorzeichenrangtest von Wilcoxon prüft, ob sich zwei abhängige Stichproben hinsichtlich ihrer zentralen Tendenz unterscheiden. Allerdings ist nicht nur die Richtung sondern auch die Größe des Unterschiedes von Bedeutung. Hinreichend genaue Messungen werden hierfür vorausgesetzt. Bortz [Bort08] empfiehlt, sollten bei ausreichender Messgenauigkeit die genauen Differenzen ausgewertet werden können, bei einer größeren Stichprobe den t-Test für abhängige Stichproben - siehe 5.1 - anzuwenden. Bei ungenaueren Differenzen, ist der „anspruchlosere“ Vorzeichentest vorzuziehen. Im eigentlichen Sinn stellt der Wilcoxon Vorzeichenrangtest die parameterfreie Alternative zum t-Test dar, welcher, wie bereits in 5.1 erwähnt, als robust gegen Verletzung der Annahmen, zB. auf Normalverteilung ist.

Man erhebt zwei abhängige Stichproben von Messwerten und bildet für alle Paare ($i=1, \dots, N$) die Differenzen $d_i = x_{Ai} - x_{Bi}$.

Danach werden diesen Differenzen nach ihrem Absolutbetrag die Rangwerte von 1 (absolut niedrigste Differenz) bis N (absolut größte Differenz) zugeordnet. Anschließend teilt man die Differenzen in 2 Gruppen, nämlich jene mit positivem und jene mit negativem Vorzeichen. Nulldifferenzen werden zunächst einmal ausgeschlossen. Man ermittelt die Summe der Ränge mit positivem Vorzeichen T_+ und die Summe der Ränge mit negativem Vorzeichen T_- und betrachtet als Prüfgröße T die kleinere der beiden Rangsummen. Es gilt also: $T = \min(T_+, T_-)$

Der exakte Signifikanztest von T kann nach einer Tabelle [Bort08] ausgewertet werden. Für $N < 50$ kann asymptotisch über die Standardnormalverteilung getestet werden.

5.3 Einfaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung - repeated measurements

Die einfaktorielle ANOVA (engl. für "ANalysis Of VAriances") kann als Weiterentwicklung des t-Tests für 2 abhängige Stichproben angesehen werden. Sie wird sozusagen dem t-Test übergeordnet und dient vor allem dazu, festzustellen, inwieweit die einzelnen signifikanten p-Werte des t-Tests in eine mögliche Gesamtsignifikanz einfließen. Oder anderes ausgedrückt lassen sich mit der einfaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung die p-Werte des t-Tests besser abschätzen und auf einen einzigen p-Wert zurückführen. Die Grundidee der Varianzanalyse ist, zu untersuchen, ob sich die Erwartungswerte der Zufallsvariablen in verschiedenen Gruppen unterscheiden. Es wird getestet, ob die Varianz zwischen den einzelnen Gruppen größer ist als die Varianz innerhalb der Gruppen. Genauere Angaben zB. bei [Bort99].

Die einfaktorielle Varianzanalyse eignet sich besonders dann, wenn an ein und derselben Versuchsperson wiederholte Messungen durchgeführt werden. Daher auch der Zusatz „Messwiederholung“ (repeated measurements). Mit Hilfe dieses Verfahrens soll die Auswirkung einer mehrfach gestuften unabhängigen Variablen auf eine abhängige untersucht werden. In unseren Beispielen ist die unabhängige Variable immer der Zeitpunkt der Messungen und die abhängige Variable entspricht der gerade zu untersuchenden HRV-Variable.

Die Nullhypothese geht davon aus, dass die Mittelwerte aller Stichproben ident sind, während für die Alternativhypothese angenommen werden muss, dass mindestens 2 voneinander verschiedene Mittelwerte vorliegen. Die Streuung der Gesamtheit der Messwerte wird durch die sogenannte Gesamtvarianz quantifiziert. Wie kann nun diese Streuung durch den unabhängigen Faktor erklärt werden? Das ist die zentrale Frage der einfaktoriellen Varianzanalyse. Bei hinreichend großem Erklärungsanteil kann die Nullhypothese zugunsten der Alternativhypothese verworfen werden. Grundlegend bei der Varianzanalyse ist die Bildung von sogenannten Quadratsummen QS . Zunächst muss die totale Quadratsumme QS_{tot} in zwei Anteile gegliedert werden und zwar in den Unterschied zwischen den einzelnen Versuchspersonen und jenen Schwankungen der Werte bei den aufeinanderfolgenden Messungen einer Person. Es gilt:

$$QS_{tot} = QS_{zw} + QS_{in} \quad (5.1)$$

Der auf den Probanden ausgeübte akustische oder optische Reiz gilt als Treatmenteffekt. Ihm kommt eine Komponente der QS_{in} zu, während der zweite Anteil, die sogenannte Residualquadratsumme, Interaktionseffekte und Fehlereffekte beinhaltet. Also:

$$QS_{in} = QS_{treat} + QS_{res} \quad (5.2)$$

Das Hauptaugenmerk liegt nun auf der Untersuchung der Treatmenteffekte. Reagiert die Versuchsperson zu verschiedenen Messzeitpunkten auf das Treatment unterschiedlich, so hat man es mit den sogenannten Interaktionseffekten zu tun, welche zu isolieren bei einer einfaktoriellen ANOVA allerdings nicht möglich ist. Es steht nämlich nur ein Messwert für

jede Kombination Faktorstufe * Versuchsperson zur Verfügung. Zusätzlich können intraindividuelle Schwankungen, welche zum Beispiel durch sich verändernde Umgebungsbedingungen bewirkt werden auftreten.

Zur Berechnung der einfaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung sind die Freiheitsgrade df_{Treat} und df_{Res} von QS_{Treat} und QS_{Res} von großer Wichtigkeit.

Es gilt:

$$df_{Treat} = p - 1 \quad (5.3)$$

$$df_{Res} = (n - 1)(p - 1) \quad (5.4)$$

Man überprüft die Nullhypothese mit Hilfe des Overall-F-Tests, wobei für F gilt:

$$F = \frac{QS_{Treat}}{QS_{Res}} \cdot (n - 1) \quad (5.5)$$

Übersteigt der errechnete F-Wert den kritischen F-Wert, so kann die Nullhypothese zugunsten der Alternativhypothese verworfen werden, was anders ausgedrückt bedeutet, dass es zumindest ein Paar von Mittelwerten μ_1 und μ_2 gibt, die sich voneinander unterscheiden.

Es gilt zu beachten, dass die Fehlerkomponenten innerhalb der Stichproben der einzelnen Faktorstufen normalverteilt sein müssen. Weiters muss die Sphärizitätsannahme erfüllt sein (Homogenität der Korrelationen zwischen den einzelnen Faktorstufen). Ist die Sphärizitätsannahme verletzt, so muss mit veränderten Freiheitsgraden des F-Tests korrigiert werden. In dieser Arbeit geschah dies mit Hilfe des Statistik-Programmes "SPSS 19" und es wurde die Korrektur nach Greenhouse-Geisser verwendet.

5.4 Friedman-Test und Quade-Test

Während der t-Test und die einfaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung parametrische Tests darstellen, gehört der Friedman-Test, welcher auch Rangvarianzanalyse nach Friedman genannt wird zu den sogenannten parameterfreien Tests. Hier wird also keine Normalverteilung der Messwerte vorausgesetzt. Der Friedman-Test gilt einerseits als Erweiterung des Vorzeichentests und kann andererseits als parameterfreie Variante der ANOVA mit Messwiederholung angesehen werden. In dieser Arbeit wurde jedoch dem Vorzeichen-test der etwas strengere Wilcoxon Vorzeichenrangtest vorgezogen, dessen Erweiterung der Quade-Test darstellen würde. [Quad79] Da der Friedman-Test erstens die gängigere Methode darstellt und zweitens ab 5 Stichproben die größere Teststärke als der Quade-Test aufweist, fiel die Wahl auf Friedman.

Friedman hat eine Methode entwickelt, mit deren Hilfe man mehrere (k) abhängige Stichproben in Bezug auf eine zentralen Tendenz miteinander vergleichen kann. Eine

Stichprobe von N Versuchspersonen wird unter k Bedingungen getestet. Die Nullhypothese geht davon aus, dass es keine Unterschiede in den durchschnittlichen Messungen mit k Bedingungen gibt. Die ungerichtete Alternativhypothese behauptet, dass sich mindestens 2 Bedingungen unterschiedlich auswirken.

N Individuen werden als Zeilen und die k Bedingungen in Spalten angeordnet. Daraus ergibt sich ein Datenschema mit $N \times k$ Messwerten x_{ij} ($i=1,.., N$; $j=1,.., k$). Die Rangplätze der Messwerte mit den k Bedingungen je Individuum werden sich unter der Nullhypothese H_0 zufällig verteilen. Bildet man anschließend die Rangsumme für jede einzelne der k Bedingungen, so werden diese zufällig oder überhaupt nicht voneinander abweichen. Sollte jedoch die Alternativhypothese H_1 wirksam werden, d.h. verschiedene Bedingungen üben einen systematischen Einfluss aus, so ergeben sich unter den k Bedingungen unterschiedliche Rangsummen.

Friedman hat eine Statistik χ_r^2 entwickelt, mit deren Hilfe man entscheiden kann, ob auftretende Rangsummenunterschiede noch als zufällig gelten dürfen oder nicht.

Die Rangsummen der Spalten für die k Bedingungen werden mit T_j bezeichnet. χ_r^2 sei dann wie folgt definiert:

$$\chi_r^2 = \frac{12}{Nk(k+1)} \sum_{j=1}^k [T_j^2 - 3N(k+1)] \quad (5.6)$$

Ob ein χ_r^2 -Wert signifikant ist, kann man für $k = 3$ und $N = 3$ bis 9 bzw. für $k = 4$ mit $N = 3$ oder 4 in exakten Tabellen überprüfen. Für größeres k und/oder N wird zur Signifikanzprüfung die χ^2 -Verteilung mit $k-1$ Freiheitsgraden herangezogen. Gilt $P \leq \alpha$, so ist H_0 zu verwerfen und es kann davon ausgegangen werden, dass auftretende Rangsummenunterschiede nicht zufällig sind.

5.5 Lineare Regression

Die Regressionsanalyse ist ein häufig verwendetes statistisches Verfahren. Sie versucht, mit Hilfe einer oder sogar mehrerer unabhängiger Variablen eine abhängige Variable zu erklären. [Back06] Die lineare Regression ist dabei das einfachste mathematische Modell. Durch die lineare Regression kann auch die Korrelation zweier Größen bestimmt und, besonders in Zeitreihen, eine Vorhersage über einen linearen Trend getroffen werden (siehe 5.6).

Man betrachtet Wertepaare der Form (x_i, y_i) , wobei y die abhängige und x die unabhängige Größe sei. Man kann nun einen linearen Zusammenhang zwischen x und y aufstellen, der wie folgt aussieht: $y = ax + b + \text{zufälliger Fehler}$

Bei der Bestimmung der Koeffizienten a und b bedient man sich der Methode der kleinsten Fehlerquadrate nach C. F. Gauß.

$$a = \frac{Cov(x,y)}{V(x)} \quad (5.11)$$

$$b = \bar{y} - a\bar{x} \quad (5.12)$$

mit

$$Cov(x,y) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i y_i - \bar{x}\bar{y} \quad (5.13)$$

$$V(x) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (5.14)$$

Trägt man die Wertepaare (x_i, y_i) in einem Koordinatensystem auf, so erkennt man deutlich, dass die Regressionsgerade $y = ax + b + \text{zufälliger Fehler}$ durch den „Schwerpunkt“ (\bar{x}, \bar{y}) der entstandenen Punktwolke führt.

Mit Hilfe des Korrelationskoeffizienten r kann eine Aussage über den generellen Zusammenhang zwischen der abhängigen und der unabhängigen Größe getroffen werden.

$$r = \frac{Cov(x,y)}{\sqrt{V(x)V(y)}} \quad (5.15)$$

mit $r \in [-1,1]$

$r < 0$: negative Korrelation (je größer x , desto kleiner y)

$r = 0$: kein Zusammenhang

$r > 0$: positive Korrelation (je größer x , desto größer auch y)

In weiterführender Literatur findet man auch oft das Bestimmtheitsmaß R^2 . Es gibt an wie groß der Anteil der Abweichungen vom Mittelwert ist und wie gut dieser Wert durch die Korrelation erklärt werden kann. Üblicherweise gilt ein Wert von $R^2 > 0.2$ (=20%) bereits als guter Erklärungsbeitrag.

5.6 Trendbereinigung - Trendtest von Page

Zielsetzung des Trendtests von Page ist es, zu untersuchen, ob die aufeinanderfolgenden Bedingungen/Reize zunehmend stärkeren Einfluss auf die getestete Variable ausüben und dadurch auch einen Anstieg der Populationsmediane bewirken.

Es gelten die gleichen Auswertungsbedingungen wie beim Friedman-Test (5.4). Während bei Friedman lediglich nach Unterschieden in einer Tendenz gefragt wird, muss für den Trendtest von Page eine begründete Trendhypothese aufgestellt werden können.

Man fasst die gesammelten Daten in einer Tabelle mit k Spalten für zB. k Messungen zusammen. Die Anzahl der Zeilen entspricht der Anzahl der Versuchspersonen. Zunächst werden für jede Versuchsperson die Werte der k Messungen durch ihre entsprechenden Rangwerte ersetzt. Anschließend bildet man für jede der k Spalten die Rangsumme T_j ($j=1,...,k$). Der Laufindex j ist so anzuführen, dass er gemäß der gerichteten Hypothese einem aufsteigenden Trend folgt. Die Prüfstatistik L (der Trendtest von Page wird auch L-Test genannt) sei wie folgt definiert:

$$L = \sum_{j=1}^k jT_j \quad (5.7)$$

Die Trendhypothese muss vor der Datenerhebung aufgestellt werden. Beim exakten Test geht man davon aus, dass die T_j -Werte bereits nach der Trendhypothese so geordnet sind, dass mit steigendem j auch die Werte für T_j größer werden. Exakte Werte für Signifikanzschranken finden sich in Tabellen für $k \leq 9$ und $N \leq 20$, etwa bei [Bort08]. Es handelt sich hierbei um die Teststatistiken für einen einseitigen Test. Für größere k - und N -Werte ist L unter der Nullhypothese H_0 annähernd normalverteilt mit folgenden Parametern:

$$\text{Erwartungswert} \quad \mu_L = \frac{Nk(k+1)^2}{4} \quad (5.8)$$

$$\text{Standardabweichung} \quad \sigma_L = \sqrt{\frac{Nk^2(k^2-1)(k+1)}{144}} \quad (5.9)$$

Die Nullhypothese wird daher asymptotisch getestet über den kritischen Bruch

$$Z = \frac{L - \mu_L}{\sigma_L} \quad (5.10)$$

Die dazugehörigen z -Werte finden sich in herkömmlichen Tabellen zur Standardnormalverteilung. Sie entsprechen einem einseitigen Test. Entsprechend dem gewünschten Signifikanzniveau $\alpha = 0.01$ oder $\alpha = 0.05$ vergleicht man z mit dem dazugehörigen Wert z_{crit} . Wird H_0 zugunsten von H_1 verworfen, geht man vom Vorliegen eines spezifischen Trends aus.

In der vorliegenden Arbeit wurden alle in Kapitel 5 erwähnten statistischen Tests mit Hilfe der Statistiksoftware PASW Statistics 18 (vormals SPSS) und mit Microsoft-Excel® durchgeführt.

6. Experimente

6.1 Allgemeines

Grundsätzliche Fragestellung dieser Diplomarbeit war, inwieweit optische und akustische Reize Puls und Atemfrequenz beeinflussen. Der Versuchsaufbau und die verwendeten technischen Hilfsmittel waren in allen drei zugrundeliegenden Arbeiten annähernd gleich. Lediglich die Art der Reize und die zeitliche Abfolge in den Versuchsreihen sowie die Lage der Probanden während der Experimente variierten.

Kernstück der Messungen war ein Gerät der Marke proQuant-PFM[®]. Die Firma proQuant medical systems stellte es dankenswerterweise unentgeltlich zur Verfügung. Die wesentlichen Bestandteile dabei waren ein EKG-Verstärker und eine elektronische Schaltung zur Bestimmung der RR-Intervalle. Die EKG-Signale wurden mittels Einmal-Klebeelektroden, die mit Druckknöpfen an drei Kabeln angesteckt waren auf das Gerät übertragen. Zur besseren Haftung der Elektroden wurde handelsübliches Kontaktgel verwendet. Die drei EKG-Messpunkte lagen unter der rechten und unter der linken Achselhöhle sowie an der linken Hüfte.

Über eine serielle Schnittstelle wurden die übertragenen Daten der RR-Intervalle direkt an einen Laptop übermittelt. Eine ebenfalls von der Firma proQuant mitgelieferte Software ermöglichte im Anschluss an die Messung erste Analysen sowie Archivierung und auch graphische Darstellung der gesammelten Daten. Außerdem war es noch möglich, die gesammelten Daten in eine Textdatei zu exportieren. Schäfer [Schä04] entwickelte ein in C++ geschriebenes Analyseprogramm mit dem Namen „HRV-Analyse“. Dieses Programm kann die oben erwähnten Textdateien einlesen und anschließend auf die verschiedensten Variablen und Parameter analysieren. Die Weiterverarbeitung der Daten kann dann entweder mit PASW Statistics oder z.B. mit Microsoft-Excel[®] erfolgen.

Die Auswahl der Probanden erfolgte in den meisten Fällen aus dem Bekanntenkreis der Autoren. Bei Frau Elagöz handelte es sich dabei um 12 weibliche Versuchspersonen. Herr Diepold und Herr Schäfer konnten jeweils männliche und weibliche Probanden für ihre Experimente gewinnen.

In der Folge werden nun die Unterschiede der einzelnen Versuchsreihen vorgestellt.

6.2 Schäfer Farblichter

[Schä04]

Axel Schäfer führte im Rahmen seiner Dissertation [Schä04] gleich zwei voneinander unabhängige Experimente durch. Der erste Versuch beschäftigte sich mit verschiedenen Farblichtern. Zur Anwendung kamen farbige Leuchtstoffröhren (4 Stück mit je 36 Watt) der Firma Osram:

- Osram L36/W60 (Farbe Rot)
- Osram L36/W66 (Farbe Grün)
- Osram L36/W67 (Farbe Blau)

Die 12 Probanden nahmen eine bequeme sitzende Haltung vor den Leuchtstoffröhren ein. Die Firma proQuant empfahl zwar zur Artefaktvermeidung bei der HRV-Messung grundsätzlich eine liegende Position. Allerdings empfand der Versuchsleiter einen Kompromiss zugunsten der Sicherheit der Probanden als vertretbar. Das Liegen unter einer selbstgebauten Lichtbox erschien etwas kritisch und die Versuchspersonen hätten eventuell unentspannt reagieren können. Die Beleuchtungsstärke lag bei allen drei Lichtern bei etwa 700 Lux und wurde mit einem Photometer gemessen. Den Probanden wurde empfohlen, nicht ständig in die eingeschaltete Lichtbox zu sehen sondern nur ab und zu einen kurzen Blick direkt hineinzuworfen.

Zeitlicher Ablauf:

Nachdem die Probanden über den Verlauf der Experiments aufgeklärt und ihre demographischen Daten erfasst waren, wurden die oben beschriebenen Klebeelektroden am Körper befestigt und mit dem Messgerät verbunden. Im Anschluss daran durften sich die Versuchspersonen wieder normal bekleiden und ihre Sitzposition vor der Lichtbox einnehmen. Anschließend begannen die eigentlichen Messungen. Schäfer führte eine sogenannte nullte Messung durch, die einerseits eine Probemessung vor der Versuchsdurchführung darstellte sowie die Probanden an die Testsituation gewöhnen sollte. Diese Messung ist in untenstehender Abbildung nicht eingezeichnet.

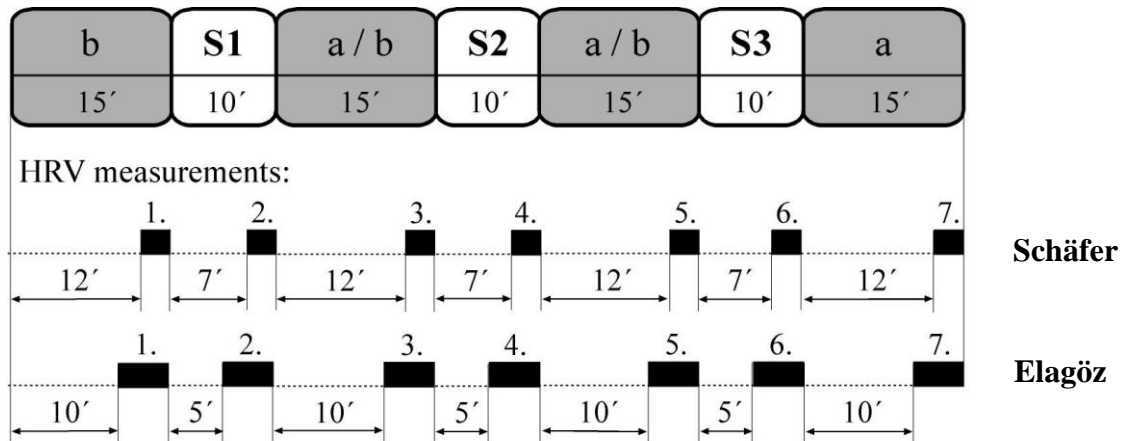


Abb. 6.1: Zeitpläne der Versuchsreihen von Schäfer und Elagöz [Diepold und Kratky]

S1, S2 und S3 bezeichnen die jeweiligen Beleuchtungsphasen (Stimuli)

b ... before (vor dem Reiz)

a ... after (nach dem Reiz)

a/b ... after/before ("nach dem Reiz" ist hier gleichzeitig auch ein "vor dem Reiz")

Die Abfolge der Messungen gleicht jenen von Elagöz (Kapitel 6.3). Gemessen wurde jeweils gegen Ende jeder Dunkel- bzw. Beleuchtungsphase und zwar für die Dauer von 180 Herzschlägen (bei Schäfer) und 300 Herzschlägen (bei Elagöz); das entsprach etwa den letzten 3 bzw. 5 Minuten der einzelnen Phasen.

Ort der Versuchsdurchführung war die Privatwohnung des Versuchsleiters Axel Schäfer. Diese wurde zum einen aus Gründen der angenehmeren Atmosphäre gegenüber eines fremden Institutsraumes gewählt. Zum anderen hätten starke EM-Felder, wie sie in den Institutsräumen durchaus auftreten können, einen starken Einfluss auf die sehr empfindlichen EKG-Messungen nehmen können. Aus eben diesem Grund wurde auch ein Laptop zur Aufzeichnung der Messungen herangezogen.

Die 12 Probanden waren gesunde Freiwillige, die durch Mundpropaganda von der Versuchsreihe gehört hatten. Es handelte sich dabei sowohl um männliche als auch weibliche Versuchspersonen, die zum Zeitpunkt der Tests zwischen 24 und 36 Jahren alt waren. Das Permutieren sollte den möglichen Einfluss der Reihenfolge so gut als möglich minimieren.

Zeitraum dieser Tests war zwischen Oktober und Dezember 2003. Die Versuche fanden jeweils abends mindestens 1 ½ Stunden nach Sonnenuntergang statt.

6.3 Elagöz

[Elag05]

Naciye Elagöz beleuchtete im wahrsten Sinne des Wortes die Frage nach der Abhängigkeit der HRV von verschieden ausgesandtem grünen Licht. Folgende Beleuchtungsarten kamen zum Einsatz:

- Konstantes grünes Licht (Co)
- Zweierperiode (P2) In der Intensität zwischen 0 und I_0 schwankendes grünes Licht. Hier wechselten einander zwei unterschiedlich lange Sinusschwingungen periodisch ab.
- Chaos (Ch) In der Intensität zwischen 0 und I_0 schwankendes grünes Licht. Hier folgten in der 5-minütigen Bestrahlungsphase insgesamt 50 Sinusschwingungen unterschiedlicher Länge aufeinander.

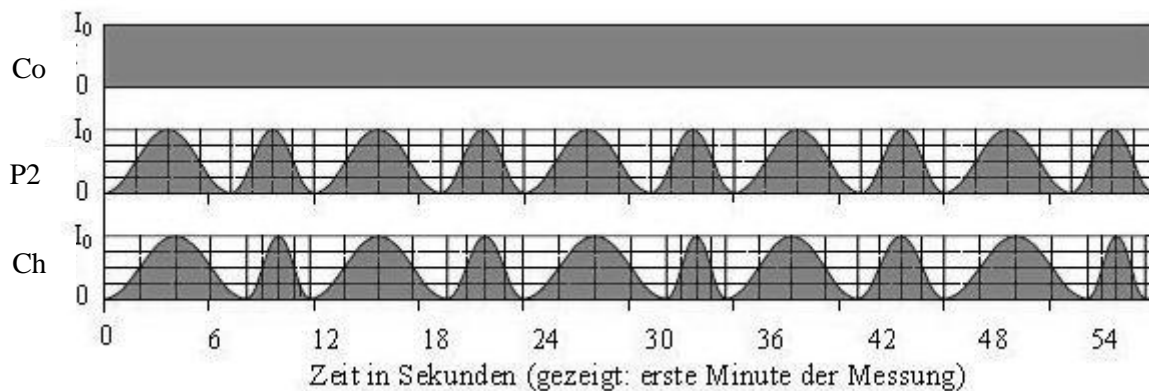


Abb. 6.2: Schematische Darstellung der verschiedenen Periodizitäten des grünen Lichts bei Elagöz [nach Kratky]

Auf den ersten Blick möchte man vermuten, dass der Unterschied zwischen P2 und Ch sehr gering ausfallen könnte, denn in der obigen Abb. 6.2 sieht man eine Ähnlichkeit der sinusartigen Kurven. Die Ergebnisse der statistischen Tests (7.4.2) zeigen jedoch Unterschiede in den Auswirkungen bezüglich der HRV-Analyse.

Die Probanden nahmen während des Experiments eine sitzende Position ein, welche sie über den gesamten Zeitraum beibehielten. Die Lichtquelle, ein Projektor der Firma Philips, welcher mit einem Laptop angesteuert wurde, befand sich auf Augenhöhe der Versuchspersonen. Die Testpersonen erhielten zum Schutz der Augen vor UV-Licht eine Schutzbrille. Die Beleuchtungsstärke betrug mit Brille 420 Lux.

Eine genauere technische Beschreibung findet der interessierte Leser unter [Elag05]

Zeitlicher Ablauf:

Wie bei Schäfer erfolgte auch in diesem Experiment zu Beginn eine allgemeine Aufklärung über den Ablauf. Im Anschluss daran wurden die Elektroden am Körper der Probanden befestigt und die sitzende Position konnte nach dem Wiederankleiden eingenommen werden.

Auffallend ist bei den Versuchsreihen von Elagöz und auch Schäfer, dass die Beleuchtungsphasen (s1, s2 und s3) im Vergleich zu den Dunkelphasen unterschiedlich lang waren. (Abb. 6.1)

Die Wichtigkeit der längeren Dunkelphasen lässt sich dahingehend erklären, dass Nachwirkungen aus den Beleuchtungsphasen vermutet wurden und sich die Reize der verschiedenen Lichtabfolgen gegenseitig überlappen könnten.

Auch in diesem Experiment wurden die 3 verschiedenen Reize permutiert und jeweils 2 Probanden mit der gleichen Abfolge von variierendem Licht bestrahlt. Die Messung der HRV erfolgte über 300 Herzschläge, was in etwa 5 Minuten entspricht.

Ort der Versuchsdurchführung war ein ruhiger abgeschlossener Raum. Die Experimente fanden zwischen Dezember 2004 und März 2005 statt. Beginn der jeweiligen Sitzung war stets eineinhalb bis zwei Stunden nach Sonnenuntergang.

6.4 Diepold

[Diep06]

David Diepold ging in seiner Arbeit der Frage nach, wie sich akustische Reize auf die HRV auswirken würden. Zu diesem Zweck wurden den 12 Probanden die folgenden 3 Geräusche vorgespielt:

- PN - *Pink Noise*, auch *Rosa Rauschen* genannt, ist ein synthetisch mittels Synthesizer oder PC erzeugtes Kunstgeräusch mit einer spektralen Frequenzverteilung von $1/f$.
- WA - *Wasser* stellt eines der beiden Naturgeräusche dar und entspricht in etwa dem leisen Rauschen eines kleinen Baches.
- FR - *Frösche*, der dritte Reiz, ist ebenfalls ein Naturgeräusch, das zum Unterschied zu den beiden vorangegangenen recht kontinuierlichen Geräuschen eher akzentuiert das Quaken von Fröschen wiedergibt.

Die Probanden verbrachten die Dauer des Experiments auf dem Rücken liegend auf einer Massageliege. Zur Linken der Versuchsperson befand sich der CD-Player, rechts von der Massageliege wurden Laptop und Messgerät aufgebaut. Die Geräuschübertragung erfolgte über Kopfhörer mit einem Lautstärkepegel von 70dB. Genauere technische Angaben befinden sich bei Diepold [Diep06].

Zeitlicher Ablauf:

Nachdem die Probanden über den Verlauf der Experiments aufgeklärt und ihre demographischen Daten erfasst waren, wurden die oben beschriebenen Klebeelektroden am Körper befestigt und mit dem Messgerät verbunden. Im Anschluss daran durften sich die Versuchspersonen wieder normal bekleiden und ihre Position auf der Massageliege einnehmen.

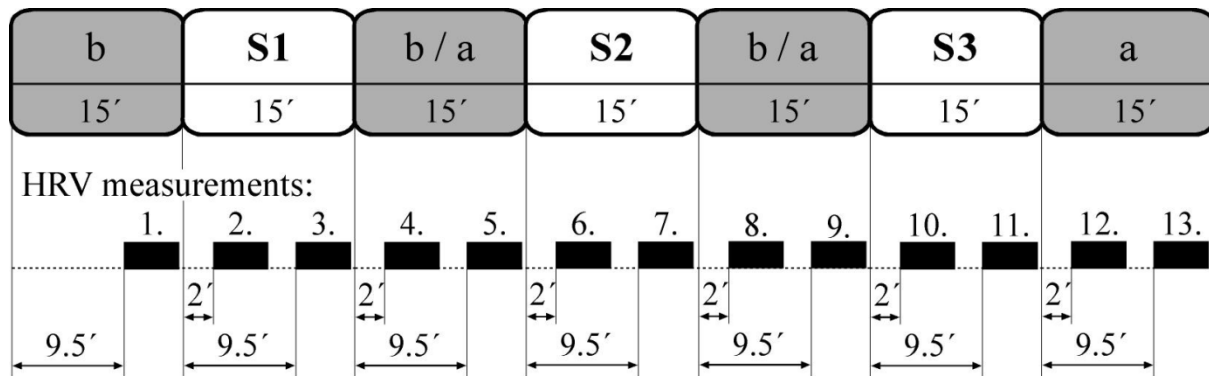


Abb. 6.3 Zeitplan der Versuchsreihe von Diepold; [angefertigt von Diepold]

Zu Beginn des Experiments diente wie schon bei Schäfer eine "nullte Messung" zur Überprüfung der Übertragungsqualität der EKG-Signale und zur Eingewöhnung der Probanden an die Messsituation. Die genaue zeitliche Abfolge kann der Abbildung entnommen werden. Man kann erkennen, dass ein 15-minütiger periodischer Wechsel zwischen Reiz- (S1, S2 und S3) und Ruhephase (b, b/a, a) erfolgte. In Summe wurden 13 Messungen zur anschließenden Auswertung herangezogen.

Jede dieser HRV-Messungen wurde über einen Zeitraum von 300 Herzschlägen (ca. 5 Minuten) durchgeführt.

Aus den drei verschiedenen Reizen (Pink Noise, Frösche und Wasser) ergaben sich 6 mögliche Permutationen. Jeweils ein männlicher und ein weiblicher Proband bekamen die Testreize in der gleichen Reihenfolge vorgespielt.

Die Messungen fanden in den Monaten Mai und Juni im Jahre 2005 statt. Durchführungsort war die Privatwohnung von Herrn Diepold. Als Beginn der Versuchszeit wurde der Zeitraum zwischen 19 und 20 Uhr gewählt.

6.5 Schäfer Weißlichter

[Schä04]

Bei Schäfers zweiter Studie handelte es sich um die Wirkung von verschiedenen weißen Lichtquellen. Dazu wurden zwei unterschiedliche Leuchtstoffröhren verwendet:

- Handelsübliche sog. Neutralweiße Leuchtstoffröhren (Philips TLD 36W/33)
- Leuchtstoffröhren mit tageslichtähnlichem Spektrum (Fa. True-Lite, Typ Duro-Test 56 23). Das Besondere an den Leuchtstoffröhren mit tageslichtähnlichem Spektrum ist, dass sie dem Tageslicht in einer Wohnung mit geöffnetem Fenster bei bedecktem Himmel entsprechen.

Die Messung der Lichtstärke mittels Photometer ergab in beiden Fällen etwa 2000 - 2500 Lux.

Zeitlicher Ablauf:

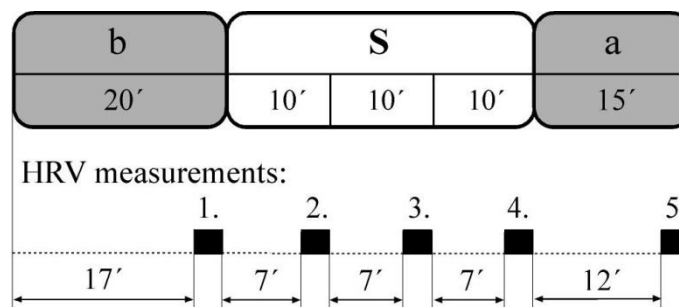


Abb. 6.4: Zeitplan der Versuchsreihe von Schäfers Weißlichtern; [angefertigt von Diepold]

Ein wesentlicher Unterschied zu den Farblichtexperimenten war jener, dass die Probanden zu den Tests an zwei verschiedenen Abenden kommen mussten, da an einem Abend nur jeweils eine der beiden Weißlichter getestet wurde.

Wie man obiger Abbildung entnehmen kann, begann die erste Messung gegen Ende der 20-minütigen Dunkelphase. Danach erfolgte die halbstündige Bestrahlungsphase mit Weißlicht, während welcher insgesamt 3x die HRV-Messungen durchgeführt wurden. Den Abschluss bildete eine Messung zum Ende der 15-minütigen Dunkelphase.

Für dieses Experiment stellten sich insgesamt 8 Probanden zur Verfügung. Die Versuche fanden in den Monaten Dezember 2003 bis März 2004 unter den in 6.2 genannten Bedingungen statt.

7. Auswertung zentraler Puls-Atem-Variablen

7.1 Allgemeines

Bei den drei, dieser Diplomarbeit zugrundeliegenden Vorgängerarbeiten wurde mit verschiedenen Tests ausgewertet. Bei Schäfer und Elagöz kam der t-Test (Kap. 5.1) zum Einsatz und bei Diepold wurde mit einfacher Varianzanalyse mit Messwiederholung (Kap. 5.3) getestet. Erster Schritt in der vorliegenden Arbeit waren weiterführende und vergleichende statistische Tests. Zur Vereinheitlichung wurden für alle Versuchsreihen die noch nicht vorhandenen Tests durchgeführt sowie durch weitere Tests (Vorzeichentest, Wilcoxon-Test und Friedman-Test) ergänzt. Da der Wilcoxon-Test die strengere Variante des einfachen Vorzeichentests darstellt (Kap. 5.2), wurde letzterer in der Darstellung der Ergebnisse nicht berücksichtigt. Der Friedman-Test (Kap. 5.4), welcher in den Vorgängerarbeiten noch nie verwendet worden war, komplettierte die Auswertungen. Außerdem findet der Leser noch einige ausgewählte Fälle zu Watson's U^2 -Test (Kap. 7.2). Der zweite Schritt befasste sich mit der Artefaktkorrektur der Rohdaten. Das von Schäfer [Schä04] entwickelte HRV-Analyseprogramm enthält einen Menüpunkt, unter welchem es möglich ist, einen Filter zu setzen, mit dessen Hilfe man die eingelesenen Rohdaten hinsichtlich möglicher Artefakte überprüfen kann. Das Programm glättet mit dem gesetzten Filter die Zeitreihe der aufeinanderfolgenden RR-Intervalle bzw. der Herzfrequenz. So wurden in der Folge sämtliche verfügbaren Rohdaten erneut in das Programm eingelesen und sowohl die Originaldaten als auch die artefaktkorrigierten Daten nach oben beschriebenen Verfahren getestet. Es zeigten sich in allen Fällen leichte Signifikanzunterschiede zwischen nicht korrigierten und korrigierten Daten. Die Ergebnisse waren jedoch nicht einheitlich. Einmal zeigte *ori* (Original-Werte, nicht artefaktkorrigiert) mehr Signifikanzen, bei anderen Reizen waren es wiederum die *cor*-Werte (artefaktkorrigiert), welche signifikanter waren.

Bei der graphischen (x,y)-Darstellung der Reihenfolgen der einzelnen Permutationen zwischen den verschiedenen Reizen fielen in einigen Fällen eindeutige allgemeine Anstiege (positive wie auch negative) der y-Werte auf. Das legte die Vermutung nahe, dass dem Geschehen ein allgemeiner Trend zugrunde läge und die vorangegangenen Reize den jeweiligen nächsten Reiz beeinflussen könnten. Die logische Schlussfolgerung war daher ein Testen auf einen bestimmten, in diesem Fall linearen, Trend. Dazu wurde der Trendtest von Page verwendet. Wenngleich dieser Test kaum signifikant ausfiel, wurde im Anschluss daran eine lineare Regression angewandt. Mit Hilfe von Microsoft Excel® wurde die Gleichung der Regressionsgeraden bestimmt und mit den Koeffizienten dieser Gleichung die Residuen der Ausgangswerte berechnet. Im Anschluss daran erfolgte die Testung nach oben genanntem Muster auch mit diesen trendbereinigten Daten.

Die Frage nach der Sinnhaftigkeit der Trendbereinigung lässt sich insofern beantworten, als dadurch zwischen unspezifischer und spezifischer Reizwirkung unterschieden werden kann. Der Gesamttrend erweist sich als unspezifisch, während nach der Trendbereinigung die reizspezifische Wirkung übrig bleibt. Das bedeutet, dass in der Regel „mitläufige“ Variablen eher an Signifikanz durch die Trendbereinigung verlieren, gegenläufige jedoch an

signifikanten p-Werten gewinnen. Eine einheitliche Aussage über das Ergebnis einer Trendbereinigung kann also nicht getroffen werden, das variiert zwischen den verschiedenen Verhalten der einzelnen Variablen.

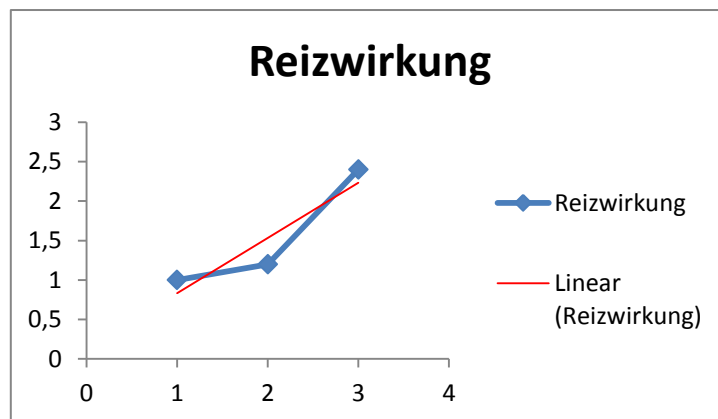


Abb. 7.1: Trendgerade, ansteigend, am Beispiel einer gedachten Größe

Im hier dargestellten Fall folgt die Reizwirkung dem linearen Trend gemäß zwar in ansteigender Form, betrachtet man jedoch den Verlauf der Reizwirkung im Bezug zur Trendgeraden, so fällt auf, dass er zunächst fällt und dann wieder steigt. Man betrachtet sozusagen die Trendgerade in horizontale Richtung gekippt.

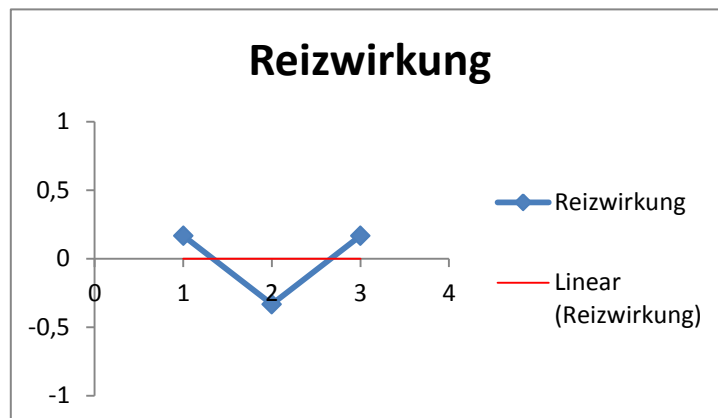


Abb. 7.2: Trendbereinigung an der gedachten Größe aus Abb. 7.1

Wie man der obigen schematischen Darstellung entnehmen kann, verliert hier z. B. besonders der Unterschied der Reizwirkung zwischen Anfang und Ende seine Signifikanz.

Es wird dem Leser auffallen, dass in dieser Arbeit nur die nicht artefaktkorrigierten Daten trendbereinigt wurden. Diese Tatsache hat mehrere Gründe. Zum einen lagen leider keine Rohdaten zu Schäfers Weißlichtern vor, was es auch unmöglich machte, in diesem Fall zwischen ori und cor zu unterscheiden. Da aber eine gesamte Linie innerhalb dieser Arbeit beibehalten werden sollte, wurde nun auf die ori-Daten für alle Versuche und alle Reize zurückgegriffen.

Zum anderen war auch die Korrektur durch das HRV-Programm nicht nachvollziehbar bzw. konnte nicht eruiert werden, nach welcher Methode genau das Programm die Zeitreihen glättet. Weiters sollten die Originaldaten so wenig wie möglich verfälscht werden, da auch

sogenannte Ausreißer, die durch die Artefaktkorrektur möglicherweise verschwinden würden, einen Einfluss auf die Gesamtsignifikanzen haben könnten. Ein Ausreißer muss nicht zwangsweise von einem technischen Messfehler herrühren, sondern kann durchaus ein echter Ausreißer sein, der gerade für diese Versuchsperson zum jeweiligen Messzeitpunkt tatsächlich einen außergewöhnlichen Zustand beschreibt. Die Entscheidung darüber, ob dieser Wert „echt“ oder fehlerbehaftet ist, ist eine schwierige und könnte im Fall der Glättung oder Streichung des Wertes das Gesamtbild verfälschen. Misst man zur Kontrolle zusätzlich zum herkömmlichen EKG die Pulswelle, welche einige Sekundenbruchteile nach dem Herzschlag zB. am Finger messbar ist, kann man feststellen, dass die Artefaktkorrektur nur in wenigen Fällen wirklich begründet ist. So können unter Umständen scheinbare "Doppelschläge", welche das EKG aufzeichnet, vom Analyseprogramm "korrigiert" werden, obwohl auch die Pulswelle diesen Doppelschlag nachweist und in diesem Fall gar kein Artefakt aufgetreten ist. Gleiches gilt natürlich auch, falls ein RR-Intervall für das Korrekturprogramm als zu lang erscheint. Ist in diesem Fall die Pulswelle im selben Maß verzögert, so handelt es sich sicher nicht um einen Messfehler sondern eine echte Messung, die eben ein wenig anders ist, als es das Programm erwartet. [pers. Mitteilung Marvin Kovacs]

In der Folge trat noch eine weitere Frage auf: Ist die angegebene lineare Regression in diesem Fall ausreichend oder wären Erweiterungen (gewichtete und zeitkorrigierte lineare Regression) noch besser? Einerseits zeigen die einzelnen y-Werte natürlich unterschiedlich starke Abweichungen von der Regressionsgeraden der einfachen linearen Regression, andererseits handelt es sich auch nicht immer um äquidistante Zeitabschnitte bei den einzelnen Messungen. Erste Ansätze hierzu befinden sich im Anhang und stellen sicher einen interessanten Anknüpfungspunkt für künftige Überlegungen dar.

Die komplexe Vorgehensweise dieser Arbeit stellte auch eine gewisse Herausforderung in Sachen Darstellung der Ergebnisse dar. Schlussendlich fiel die Entscheidung auf eine tabellarische Form, in welcher die p-Werte aller Tests für jede untersuchte Variable angeführt sind. Ergänzt werden diese Tabellen auf der gegenüberliegenden linken Seite durch Diagramme, die den zeitlichen Verlauf der Mittelwerte der Probanden darstellen, sowie die dazugehörigen Zahlenwerte. Die Pfeile beschreiben die Richtung, in welche sich die Mittelwerte zwischen den einzelnen Messzeitpunkten bewegen. Diagramme zum Verlauf der einzelnen Versuchspersonen befinden sich der Übersicht halber dazu in Anhang F.

Im Hauptteil dieser Arbeit werden die vier Puls-Atem-Variablen $\ln P$, $\ln B$, $\ln Q$ und $|\ln Q - \ln 4|$ dargestellt, die weiteren dann zum Vergleich in den Anhängen A-D.

7.2 Signifikanzdiagramme und Watsons U^2 -Test

Um die Anzahl der Signifikanzen besser zu veranschaulichen, wurden sogenannte Signifikanzdiagramme gewählt. Dazu wurden die einzelnen p-Werte, die naturgemäß zwischen 0 und 1 liegen, in aufsteigender Reihenfolge sortiert und gegenüber der Mediane zwischen 0 und 1 aufgetragen. Anschließend wurden bei den Diagrammen zu den einzelnen Reizen die summarischen p-Werte für die repeated measurements (p_{rep}) und den Friedman-Test (p_{Fri}) eingefügt. (vgl. Kap. 5.3 und 5.4) Der dritte Wert p_{Watson} wird in diesem Kapitel anschließend erklärt. Das nachfolgende Beispiel wurde Kapitel 7.5 entnommen.

Die punktierten Kurven in Abb. 7.3a und 7.3b stellen die geordneten p-Werte des t-Tests bzw. des Wilcoxon-Vorzeichenrangtests für die Variable $\ln B$, "Frösche", cor dar (vgl. Kap. 7.5, Diepold, insbesondere Tab. 7.9). Wie man sofort herauslesen kann, existieren in diesem Fall je 6 bzw. 7 p-Werte, die unter 0.2 liegen. Grundsätzlich gilt: je größer die Abweichung der Kurve von der Mediane ist, desto unwahrscheinlicher sind zufällige Testergebnisse.

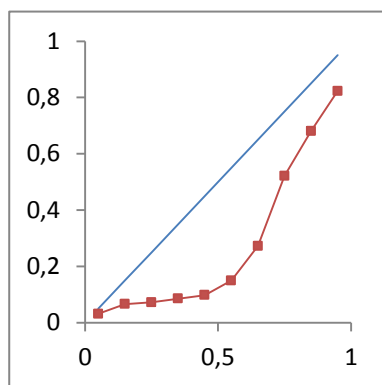


Abb. 7.3a: Frösche, $\ln B$, cor :
Einzel-p-Werte für den t-Test
sowie $p_{rep} = 0.08273$ und
 $p_{Watson} = 0.08491$

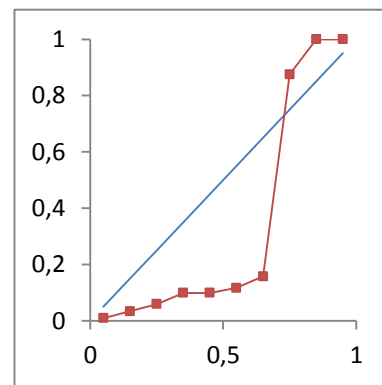


Abb. 7.3b: Frösche, $\ln B$, cor :
Einzel-p-Werte für den Wilcoxon-Test
sowie $p_{Fri} = 0.00668$ und
 $p_{Watson} = 0.00009$

Die Werte p_{rep} und p_{Fri} geben Auskunft vor allem über den unteren Bereich der Kurven nahe 0. Das verdeutlichen auch sehr schön Abb. 7.3a und b. Man erkennt, dass die kleinsten drei t-Test-Werte höher sind als die danebenstehenden kleinsten drei Wilcoxon-Werte. Daher ist auch $p_{rep} > p_{Fri}$, und das, obwohl es hier 3 sehr hohe p-Werte für den Wilcoxon Vorzeichenrangtest gibt, die sogar oberhalb der Mediane liegen. Vergleicht man mit Abb. 7.3a, so liegen die p-Werte des t-Tests zwar alle unterhalb der Mediane, dieser Umstand scheint jedoch auf die übergeordnete Signifikanz der repeated measurements nur einen geringen Einfluss zu haben.

Nun sollen die beiden Signifikanzdiagramme zu einem zusammengeführt werden. So erhält man selbst ohne die numerische Darstellung der p-Werte einen sofortigen Überblick über die Ergebnisse der statistischen Tests.

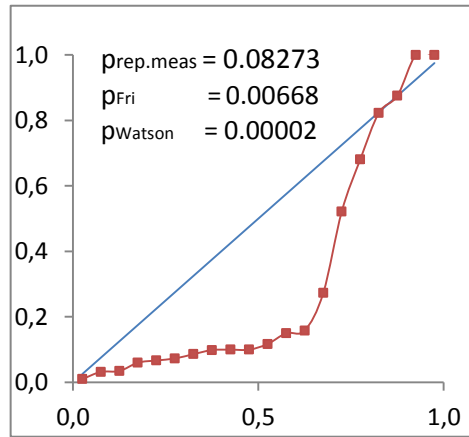


Abb. 7.4: Diepold, Frösche, lnB, cor: Signifikanzdiagramm für alle einzelnen p-Werte von t-Test und Wilcoxon-Vorzeichenrangtest, ergänzt durch die summarischen p-Werte für repeated measurements, Friedman, und Watson

Kurven, die gänzlich oberhalb der Mediane verlaufen (ohne Abb.), stellen eine Besonderheit dar. Dies bedeutet zwar einerseits, dass die Werte p_{rep} und p_{Fri} nicht signifikant sind, andererseits ist so ein Verhalten bei einer genügend hohen Anzahl von p-Werten schon wieder so außergewöhnlich, dass man hier von einer anderen Art der Signifikanz sprechen kann.

Der Wert p_{Watson} stellt ein Maß für die Gesamtabweichung zur Mediane dar. Genaugenommen handelt es sich um eine, zur Mediane parallelen Gerade, welche durch den Schwerpunkt der einzelnen Punkte der Abbildung geht. Berechnet wird dieser p-Wert durch Watson's U²-Test. [Wats61], [Ques86].

$$U^2 = \frac{1}{12N} + \sum_i \left\{ p_i - \frac{(2i-1)}{(2N)} - \langle p \rangle + \frac{1}{2} \right\}^2 \quad (7.1)$$

mit $i=1, \dots, N$; und geordneten $p_i: p_j \leq p_k$ für $j < k$.

$\langle p \rangle$ ist der Mittelwert aller p-Werte. Für $5 < N$ gilt folgende Modifikation als sehr gute Näherung:

$$U^2_{mod} = \left(U^2 - \frac{0,1}{N} + \frac{0,1}{N^2} \right) \times \left(1 + \frac{0,8}{N} \right) \quad (7.2)$$

Daraus lässt sich dann p_{Watson} wie folgt berechnen:

$$p_{Watson} = 2(\varepsilon - \varepsilon^4) \quad (7.3)$$

mit

$$\varepsilon = e^{(-2\pi^2 U^2_{mod})} \quad (7.4)$$

Für Watson gehen alle N p-Werte ein.

Das andere Extrem stellt die Bonferroni-Methode dar, die nur den allerkleinsten p-Wert p_1 heranzieht. Es gilt: $p_{\text{Bonf}} = \min(N \times p_1, 1)$. Signifikanz ist bei $p_{\text{Bonf}} < 0.05$ gegeben. Strenggenommen setzen beide Methoden Unabhängigkeit der N Werte voraus. Bei Abhängigkeit der N p-Werte wird die Signifikanz bei Watson über- und bei Bonferroni unterschätzt. (s. Abb. 7.3a, b)

Diepold	Frogs	ori	det	cor
rep. meas.	<i>lnP</i>	.50745	.65945	.42789
Friedm.		.69903	.45299	.71125
Watson		.19632	.21751	.32819
rep. meas.	<i>lnB</i>	.30984	.29152	.08273
Friedm.		.45299	.26738	.00668
Watson		.01041	.48866	.00002
rep. meas.	<i>lnQ</i>	.27809	.24440	.04094
Friedm.		.47283	.28730	.01378
Watson		.02824	.11503	.00101
rep. meas.	<i> lnQ </i>	.58945	.72717	.22977
Friedm.	<i>-ln4 </i>	.61506	.79676	.41977
Watson		.39095	.81234	.02391

Tab 7.1: Vergleich zwischen den p-Werten von repeated measurements, Friedman, und Watson bei: Diepold, Frösche; ori, det, und cor

Die Wahl der Farbcodes entspricht jenen auf der nachfolgenden Seite.

Betrachtet man den Wert für p_{Watson} in Abb. 7.3a, so sieht man, dass er fast gleich mit dem Wert p_{rep} ist. Abb. 7.3b zeigt hingegen schon einen deutlich kleineren Wert p_{Watson} als p_{Fri} . Eklatant klein ist p_{Watson} allerdings in Abb. 7.4 (vgl. dazu auch Tab. 7.1), was konsistent ist mit der Vermutung der Abhängigkeit der p-Werte von t-Test und Wilcoxon, welche auf denselben Datensätzen beruhen.

7.3 Schäfer Farblichter

7.3.1 Abkürzungen

In diesem Kapitel gelten folgende Abkürzungen:

Re	...	Red (Rot)
Gr	...	Green (Grün)
Bl	...	Blue (Blau)
b	...	before (vor dem Reiz)
s	...	stimulus (während des Reizes)
a	...	after (nach dem Reiz)
t	...	t-Test
Wil	...	Wilcoxon
rep. meas.	...	repeated measurements
GG	...	Korrektur nach Greenhouse Geisser
Friedm.	...	Friedman-Test
P	...	Pulse (Puls)
B	...	Breathing rate (Atemfrequenz)
Q	...	Quotient (Puls-Atem-Quotient)
ori	...	original (nicht artefaktkorrigiert)
det	...	detrended (trendbereinigt)
cor	...	corrected (artefaktkorrigiert)
↘	...	Mittelwerte zwischen 2 Messungen fallend
↗	...	Mittelwerte zwischen 2 Messungen steigend
$0.05 \leq p < 0.1$		Tendenz zur Signifikanz bei einem einzelnen p-Wert
$0.02 \leq p < 0.05$		signifikant bei einem einzelnen p-Wert
$0.01 \leq p < 0.02$		höher signifikant bei einem einzelnen p-Wert
$p < 0.01$		hochsignifikant bei einem einzelnen p-Wert

Aufgrund der Vielzahl von p-Werten, welche nicht immer voneinander unabhängig sind, muss eine Abstufung bei der Klassifizierung der Signifikanz erfolgen. Das alleinige Kriterium $p < 0.05$ als klassisches Signifikanzniveau reicht hier also nicht aus. Wie bereits in Kap. 5 erläutert, stehen der t-Test und die repeated measurements in ähnlichem Zusammenhang wie der Wilcoxon Vorzeichenrangtest und der Friedman-Test. Man hat es also in dieser Zusammenstellung mit multiplen p-Werten zu tun. Was nun als "echt" signifikant gilt, darüber geben die in 7.2 besprochenen Signifikanzdiagramme Auskunft. Eigentlich geben lediglich p-Werte, welche orange bzw. rot markiert sind, Aufschluss über Signifikanz. Das sind auch genau jene Werte, welche den unteren Bereich der Kurven in den Signifikanzdiagrammen bilden (Abb. 7.3a,b und Abb. 7.4).

7.3.2 Darstellung der Ergebnisse und Interpretation

Bei der Auswertung von Schäfers Experimenten sieht man schon anhand der Farben in Tabelle 7.3, wo die meisten Signifikanzen zu finden sind. Während lnP kaum signifikante p-Werte liefert, finden sich bei den Puls-Atem-Variablen lnB, lnQ und |lnQ-ln4| einige beachtenswerte Daten. Dieser Umstand lässt sich sogar verallgemeinern, wenn man in der Folge auch die Versuchsreihen von Elagöz und Diepold betrachtet. Das bedeutet, signifikante p-Werte findet man in der Regel entweder bei lnP oder den anderen drei Variablen, aber nur äußerst selten in beiden.

Auffallend ist, dass es zwischen vor und nach dem jeweiligen Lichtreiz keine Signifikanzen gibt. Das bedeutet, dass die Lichtreize kaum nachhaltige Wirkungen zeigen. In den meisten Fällen erreichen die Absolutwerte nach Beendigung der Lichtreize wieder annähernd ihren Ausgangswert. Wir betrachten dazu beispielsweise die Spalte "ori" in Tabelle 7.2. Besonders schön ausgeprägt ist das beschriebene Verhalten etwa bei Rot, lnQ, _b-_a (before - after). Merkbare Veränderungen gibt es allerdings bei _b - _s (before - stimulus) und _s - _a (stimulus - after).

Die Trendbereinigung der Daten hat auf den ersten Blick hier nur einen recht geringen Einfluss auf die Ergebnisse. Durch die Trendbereinigung werden Rot und Grün bei lnP etwas weniger signifikant, weil diese Variablen ohnehin schon dem Gesamttrend folgen. Blau hingegen wird eine Spur signifikanter, weil die Werte gegen den allgemeinen Trend laufen. Diese Aussagen beziehen sich auf repeated measurements bzw. den Friedmantest. Die einzelnen Intervalle beim t-Test und beim Wilcoxon-Test hingegen variieren natürlich in der Ausprägung der Signifikanz. Aufschluss über das Trendverhalten geben auch die Mittelwerte der 12 Probanden in der jeweiligen Variable. Betrachtet man beispielsweise Blau bei lnP, so stellt man fest, dass folgende Werte gelten:

Schäfer, blau, lnP, ori:

b:	4.17674	b - a:	↗
s:	4.15966	b - s:	↘
a:	4.18408	s - a:	↗

Der allgemeine Trend verläuft laut Abb. 7.5 absteigend.

Blau verhält sich bezüglich lnP gegenläufig zu Grün und Rot, was bewirkt, dass sich hier keine klare Struktur entwickelt, wenn man die permutierten Reihenfolgen der drei Reize betrachtet.

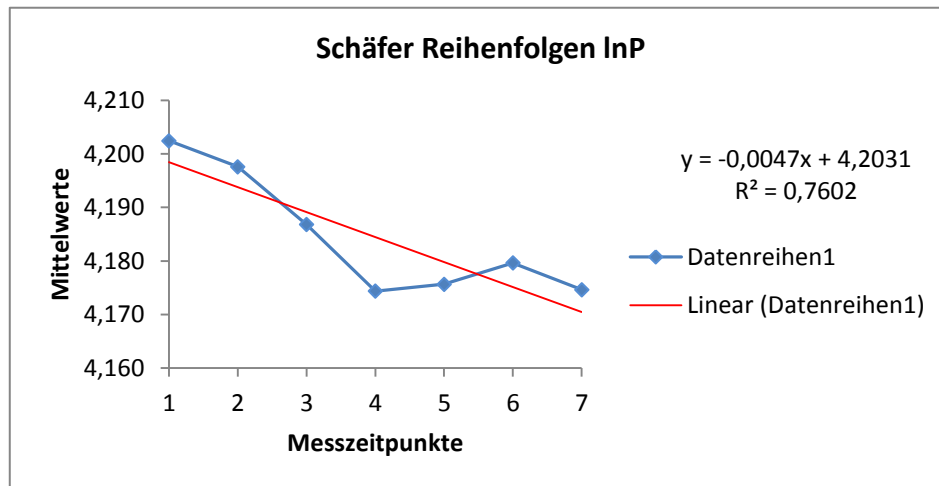


Abb. 7.5: Fallender Trend bei Schäfer Farbe, Reihenfolgen lnP; ori

Das bedeutet beispielsweise, dass genau jene Reizwirkung, welche ebenfalls absteigend orientiert ist - in unserem Beispiel lnP, Bl_b - Bl_s durch die Trendbereinigung an Signifikanz verlieren muss. Genau das ist auch nach Tabelle 7.3 der Fall.

Bl_b - Bl_s, t (ori): $p = 0.34284$

Bl_b - Bl_s, t (det): $p = 0.93032$

Die Erläuterungen dazu findet der Leser in Kapitel 7.1.

Das steht jedoch in keinem Widerspruch dazu, dass Blau insgesamt etwas signifikanter wird. Die oben beschriebene Erläuterung bezieht sich lediglich auf zwei aufeinanderfolgende Reizwirkungen.

Nachfolgend sind hier noch die Diagramme der linearen Regression für die drei weiteren Variablen lnB, lnQ und |lnQ-ln4| abgebildet.

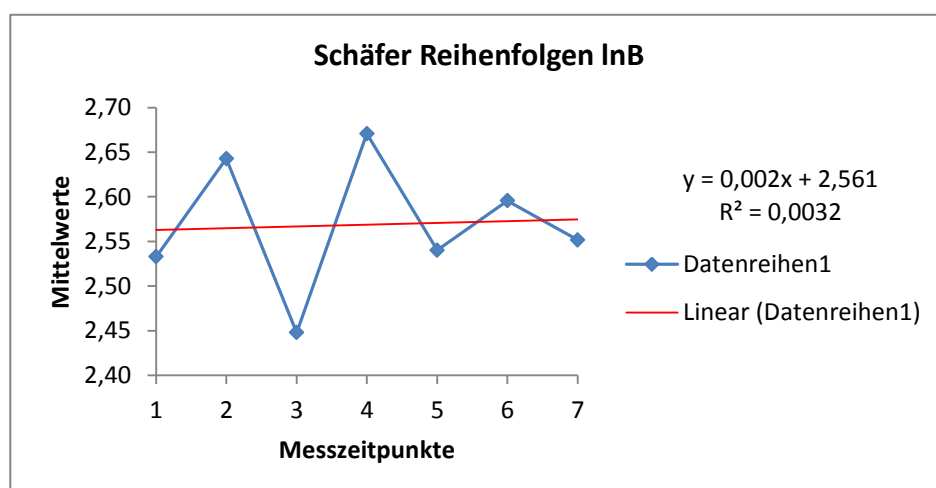


Abb. 7.6: Steigender Trend bei Schäfer Farbe, Reihenfolgen lnB; ori

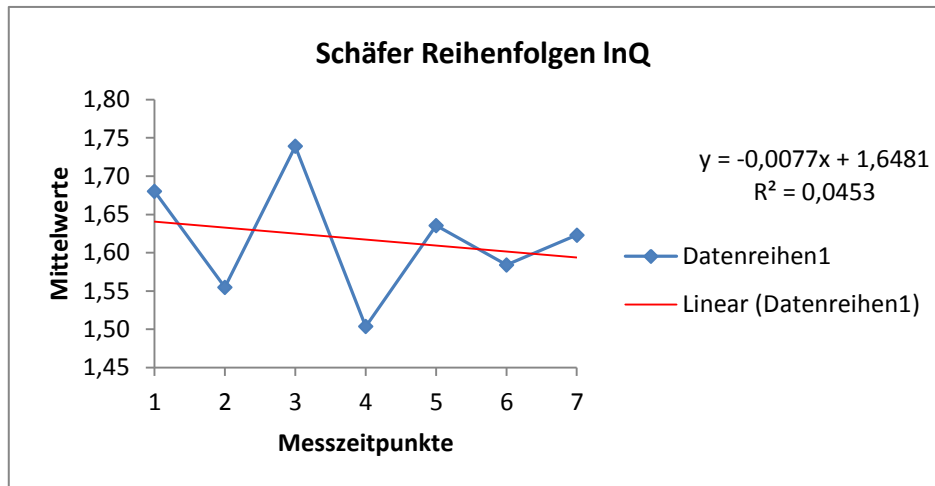


Abb. 7.7: Fallender Trend bei Schäfer Farbe, Reihenfolgen lnQ; ori

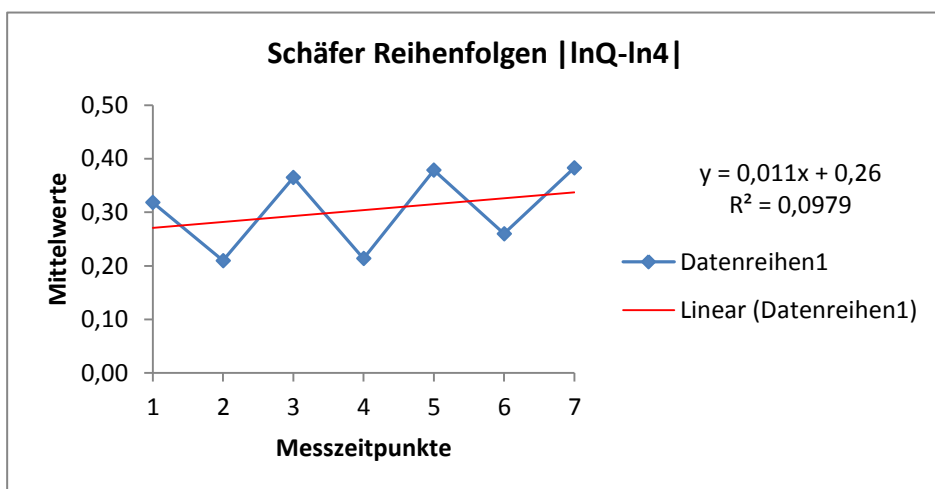


Abb. 7.8: Steigender Trend bei Schäfer Farbe, Reihenfolgen |lnQ-ln4|; ori

Die Abb. 7.6 - 7.8 zeigen zum Unterschied von Abb. 7.5 ein deutliches Zick-Zack-Muster, was folgendermaßen zu interpretieren ist: Beim Reiz sinkt der Mittelwert deutlich ab und geht in der Dunkelphase wieder zurück. Die Gesamtwirkung zeigt, für das Auge besonders gut sichtbar in Abb. 7.8, einen deutlichen Trend, selbst wenn der Trendtest nichts einbringt.

Die Artefaktkorrektur der Rohdaten bringt keine einheitlichen Erkenntnisse. Betrachtet man sowohl die p-Werte in Tab.7.3 als auch die Signifikanzdiagramme in Abb. 7.10, so erkennt man, dass Rot durch die Korrektur mit dem HRV-Analyseprogramm eher „schlechter“, also weniger signifikant wird. Ebenso, wenn nicht sogar noch deutlicher lässt sich der Sachverhalt bei Blau erkennen. Anders verhält sich jedoch Grün. Besonders bei lnB und lnQ ist eine deutliche Signifikanzsteigerung zu bemerken.

Schäfer F.		ori		det		cor	
Re_b	ln P	4.1908		0.0017		4.1909	
Re_s		4.1860	↘	0.0016	↘	4.1860	↘
Re_a		4.1646	↘	-0.0152	↘	4.1650	↘
Gr_b	ln P	4.2078		0.0187		4.2082	
Gr_s		4.2059	↘	0.0214	↗	4.2062	↘
Gr_a		4.1885	↘	0.0087	↘	4.1893	↘
Bl_b	ln P	4.1767		-0.0229		4.1774	
Bl_s		4.1597	↘	-0.0248	↘	4.1598	↘
Bl_a		4.1841	↗	0.0043	↗	4.1850	↗
Re_b	ln B	2.5436		-0.0232		2.5396	
Re_s		2.6683	↗	0.0995	↗	2.6286	↗
Re_a		2.4956	↘	-0.0751	↘	2.4720	↘
Gr_b	ln B	2.4541		-0.1127		2.4206	
Gr_s		2.6278	↗	0.0590	↗	2.6233	↗
Gr_a		2.5406	↘	-0.0301	↘	2.5315	↘
Bl_b	ln B	2.5231		-0.0438		2.5108	
Bl_s		2.6130	↗	0.0443	↗	2.5470	↗
Bl_a		2.5034	↘	-0.0673	↘	2.4781	↘
Re_b	ln Q	1.6472		0.0223		1.6513	
Re_s		1.5178	↘	-0.0994	↘	1.5575	↘
Re_a		1.6689	↗	0.0595	↗	1.6930	↗
Gr_b	ln Q	1.7537		0.1288		1.7876	
Gr_s		1.5781	↘	-0.0390	↘	1.5830	↘
Gr_a		1.6478	↗	0.0384	↗	1.6578	↗
Bl_b	ln Q	1.6537		0.0288		1.6666	
Bl_s		1.5466	↘	-0.0705	↘	1.6127	↘
Bl_a		1.6807	↗	0.0713	↗	1.7069	↗
Re_b	ln Q - ln 4	0.2752		-0.0178		0.2780	
Re_s		0.2218	↘	-0.0822	↘	0.2691	↘
Re_a		0.4112	↗	0.0962	↗	0.4141	↗
Gr_b	ln Q - ln 4	0.4056		0.1126		0.4274	
Gr_s		0.2857	↘	-0.0183	↘	0.2941	↘
Gr_a		0.3366	↗	0.0216	↗	0.3520	↗
Bl_b	ln Q - ln 4	0.3810		0.0880		0.3898	
Bl_s		0.1758	↘	-0.1282	↘	0.2390	↘
Bl_a		0.3785	↗	0.0635	↗	0.4015	↗

Tab. 7.2: Schäfer Farblichter: Mittelwerte der 4 Variablen; ori, det, cor

Schäfer F.		t: ori	t: det	t: cor		Wil: ori	Wil: det	Wil: cor
Re_b - Re_a	ln P	.09156	.25791	.09909	ln P	.20943	.48018	.15486
Re_b - Re_s		.80080	.99372	.79792		.81395	.93747	.81395
Re_s - Re_a		.18818	.29539	.19867		.13610	.34652	.15794
Rep. meas. (GG)		.24654	.48105	.26044	Friedm.	.71653	.71653	.63967
Gr_b - Gr_a	ln P	.36704	.63494	.37358	ln P	.43277	.69489	.43277
Gr_b - Gr_s		.91179	.87708	.90915		.63787	.75368	.63787
Gr_s - Gr_a		.23957	.38180	.25212		.20943	.48018	.27210
Rep. meas. (GG)		.46600	.70966	.47864	Friedm.	.47237	.55804	.47237
Bl_b - Bl_a	ln P	.64605	.20798	.63973	ln P	.23932	.09948	.27210
Bl_b - Bl_s		.34284	.93032	.32415		.23932	.81395	.20943
Bl_s - Bl_a		.08115	.04304	.08476		.11666	.05974	.11666
Rep. meas. (GG)		.28087	.23705	.26873	Friedm.	.07552	.04581	.04979
Re_b - Re_a	ln B	.57741	.54729	.43062	ln B	.63787	.63787	.63787
Re_b - Re_s		.00465	.00513	.12725		.01206	.01206	.09948
Re_s - Re_a		.06225	.05977	.01625		.02806	.02806	.01860
Rep. meas. (GG)		.09065	.08873	.09626	Friedm.	.01685	.01685	.04581
Gr_b - Gr_a	ln B	.13793	.15484	.06948	ln B	.15794	.20943	.08438
Gr_b - Gr_s		.01459	.01547	.00473		.01502	.01860	.00474
Gr_s - Gr_a		.01948	.01746	.01312		.01860	.01860	.02291
Rep. meas. (GG)		.01746	.01864	.00555	Friedm.	.01312	.01312	.00228
Bl_b - Bl_a	ln B	.72407	.67257	.51654	ln B	.81395	.69489	.75368
Bl_b - Bl_s		.31730	.32744	.69772		.34652	.34652	.48018
Bl_s - Bl_a		.17329	.16638	.47772		.15794	.15794	.34652
Rep. meas. (GG)		.29482	.29109	.62831	Friedm.	.36788	.36788	.55804
Re_b - Re_a	ln Q	.81714	.69242	.65683	ln Q	.93747	.87533	.87533
Re_b - Re_s		.01400	.01913	.19110		.02806	.03417	.15794
Re_s - Re_a		.08156	.06897	.02748		.07119	.05974	.04139
Rep. meas. (GG)		.13454	.12775	.19483		.17377	.09697	.20529
Gr_b - Gr_a	ln Q	.11940	.17726	.06620	ln Q	.18234	.34652	.08438
Gr_b - Gr_s		.01620	.02026	.00524		.02291	.02291	.00604
Gr_s - Gr_a		.02824	.01712	.01849		.01860	.01860	.03417
Rep. meas. (GG)		.02686	.03462	.01028	Friedm.	.10540	.10540	.00865
Bl_b - Bl_a	ln Q	.58209	.39135	.38352	ln Q	.53028	.34652	.38819
Bl_b - Bl_s		.21714	.24997	.55613		.23932	.23932	.43277
Bl_s - Bl_a		.10160	.08545	.33785		.08438	.08438	.30782
Rep. meas. (GG)		.16389	.15159	.45207	Friedm.	.20529	.20529	.36788
Re_b - Re_a	ln Q - ln 4	.06751	.11732	.08584	ln Q - ln 4	.02291	.07119	.05974
Re_b - Re_s		.35841	.27205	.90067		.38819	.30782	.87533
Re_s - Re_a		.02043	.02706	.01418		.01206	.01502	.01206
Rep. meas. (GG)		.02452	.03853	.07173	Friedm.	.03877	.09697	.09697
Gr_b - Gr_a	ln Q - ln 4	.26577	.15016	.24512	ln Q - ln 4	.38819	.23932	.18234
Gr_b - Gr_s		.06563	.04737	.04899		.08438	.04986	.05974
Gr_s - Gr_a		.08535	.16652	.04841		.07119	.15794	.07119
Rep. meas. (GG)		.10513	.07084	.08213	Friedm.	.20529	.07552	.12451
Bl_b - Bl_a	ln Q - ln 4	.96002	.61840	.80083	ln Q - ln 4	.87533	.69489	.87533
Bl_b - Bl_s		.00170	.00117	.00767		.00222	.00222	.00765
Bl_s - Bl_a		.00117	.00174	.02097		.00474	.00765	.02291
Rep. meas. (GG)		.00031	.00029	.01019	Friedm.	.00178	.00178	.04581

Tab. 7.3: Schäfer F.: p-Werte der statistischen Tests; 4 Variablen; ori, det, cor

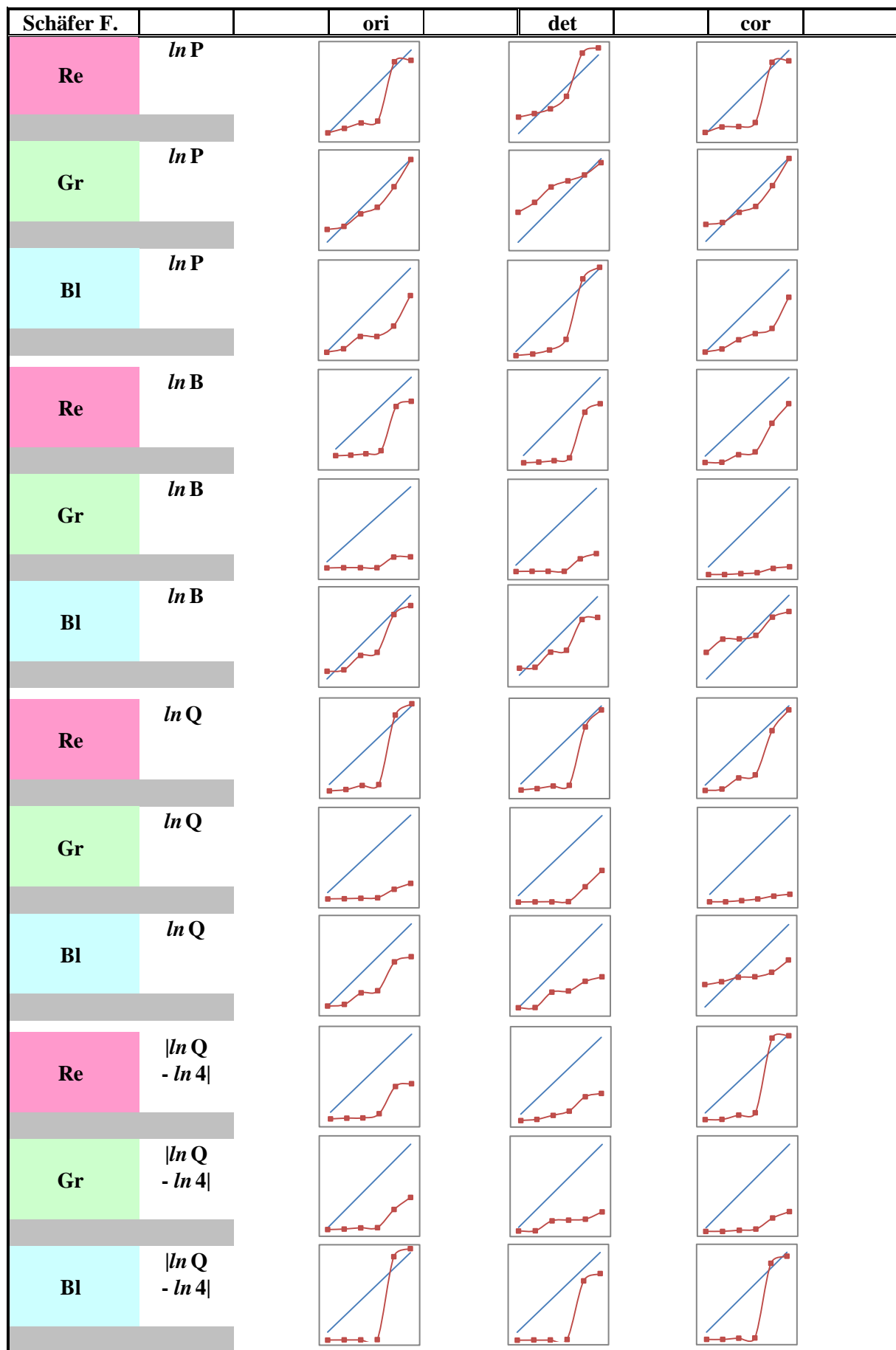


Abb. 7.9: Schäfer F.: Übersicht der Signifikanzdiagramme; 4 Variablen; ori, det, cor

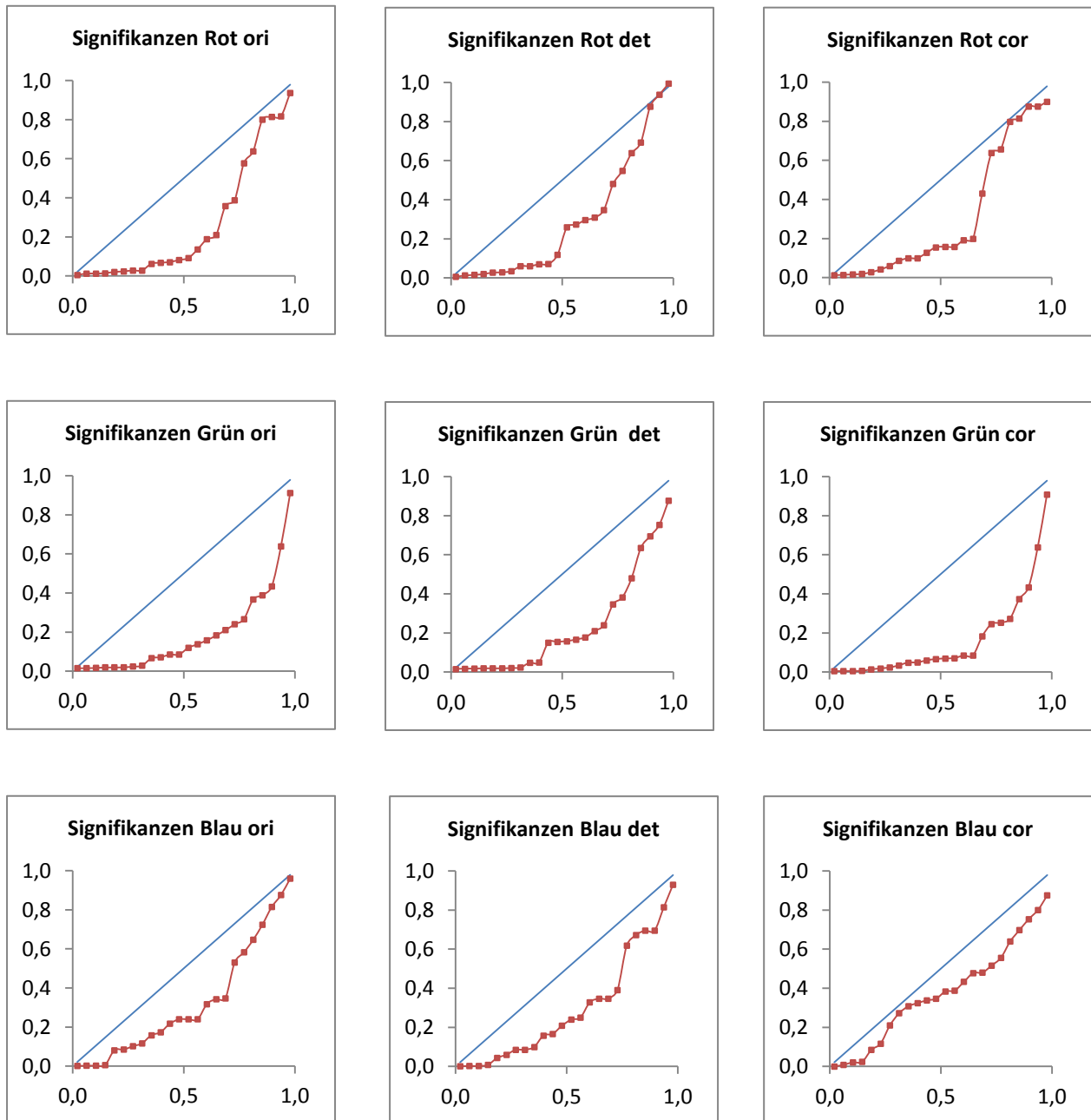


Abb. 7.10: Schäfer F.: Signifikanzen aller Reize der Variablen $\ln P$, $\ln B$, $\ln Q$ und $|\ln Q - \ln 4|$

Betrachtet man Abb. 7.10 mit den Gesamtsignifikanzen, so erkennt man deutlich, dass Grün offenbar den größten Effekt auf die untersuchten Variablen hat. Wenn auch alle Kurven unterhalb der Mediane liegen, so ist hier die Abweichung der Kurve aller p-Werte von der Mediane am größten, und es sind auch die meisten tiefen p-Werte zu finden. Ebenfalls einige hochsignifikante p-Werte findet man bei Rot. Allerdings liegt in diesem Fall der obere Teil der Kurve sehr nahe an der Mediane, was das Gesamtbild gegenüber Grün ein wenig verschlechtert. Blau scheint den Ergebnissen nach zu urteilen den geringsten Einfluss auf die untersuchten Variablen zu haben, besonders bei cor. Es existieren jedoch keine systematischen Unterschiede zwischen ori, det und cor.

7.4 Elagöz

7.4.1 Abkürzungen

In diesem Kapitel gelten folgende Abkürzungen:

Ch	...	Chaos (chaotisch blinkendes grünes Licht)
Co	...	constant (konstant grün leuchtendes Licht)
P2	...	Period of 2 (periodisch blinkendes grünes Licht)
b	...	before (vor dem Reiz)
s	...	stimulus (während des Reizes)
a	...	after (nach dem Reiz)
t	...	t-Test
Wil	...	Wilcoxon
rep. meas.	...	repeated measurements
GG	...	Korrektur nach Greenhouse Geisser
Friedm.	...	Friedman-Test
P	...	Pulse (Puls)
B	...	Breathing rate (Atemfrequenz)
Q	...	Quotient (Puls-Atem-Quotient)
ori	...	original (nicht artefaktkorrigiert)
det	...	detrended (trendbereinigt)
cor	...	corrected (artefaktkorrigiert)
↘	...	Mittelwerte zwischen 2 Messungen fallend
↗	...	Mittelwerte zwischen 2 Messungen steigend
$0.05 \leq p < 0.1$		Tendenz zur Signifikanz bei einem einzelnen p-Wert
$0.02 \leq p < 0.05$		signifikant bei einem einzelnen p-Wert
$0.01 \leq p < 0.02$		höher signifikant bei einem einzelnen p-Wert
$p < 0.01$		hochsignifikant bei einem einzelnen p-Wert

7.4.2 Darstellung der Ergebnisse und Interpretation

Wie schon bei Schäfer findet man die, hier leider sehr spärlich gesäten Signifikanzen auch entweder bei jenen Variablen, welche ausschließlich den Puls beschreiben oder bei jenen, welche B und Q beinhalten. Sowohl chaotisches als auch konstantes Licht zeigt bei der Messwiederholung in der Variable $\ln P$ ein signifikantes Ergebnis. Dieses Verhalten ist auch sehr schön bei den Mittelwertdiagrammen zu beobachten. Friedman hingegen ist nur fast signifikant. Chaos zeigt vor allem vor-während einen Einfluss auf den Puls. Bei Konstant rührt die Signifikanz der repeated measurements hingegen vom Unterschied vor-nach her. Es ist daher zu vermuten, dass chaotisches Licht wohl einen kurzfristigen Einfluss auf den Puls zu haben scheint, der allerdings nicht nachhaltig ist. Anders verhält sich konstantes Licht, welches erst nach Beendigung des Reizes seine Wirkung entfaltet.

Die einzigen hochsignifikanten Werte liefert der Wilcoxon Test bei konstantem Licht in der Variable $\ln Q$. Dazu passend auch 2 Signifikanzen bei Konstant in der Variable $\ln B$ bei Wilcoxon.

Es fällt bei der Versuchsreihe Elagöz auf, dass alle Tests in der Variable $\ln P$ (so wie auch in den Variablen NN, $\ln NN$ und P - siehe Anhang B) bei nicht artefaktkorrigiert und artefaktkorrigiert genau gleich ausfallen. Das rührt von dem seltenen Umstand her, dass Elagöz' Rohdaten beim Einlesen in das HRV-Analyseprogramm in der Time-Domain Variable NN bei keinem einzigen Probanden und keiner einzigen Datenreihe vom Programm selbst geglättet wurde. P wurde anschließend direkt aus NN berechnet. Erst bei der Schätzung von Q durch das Programm entstanden geringfügige Unterschiede, welche sich nachfolgend auch auf alle Variablen, die Q und B enthielten auswirkte.

Auch durch die Trendbereinigung der nicht artefaktkorrigierten Daten werden die Ergebnisse nicht signifikant. Man kann zwar in einigen Fällen eine Veränderung der p-Werte feststellen, wie zum Beispiel bei P2, $|\ln Q - \ln 4|$, vor-nach, von 0.50083 (ori) auf 0.05150 (det), jedoch führt auch hier die Trendbereinigung nicht zum Erhalt echt signifikanter Ergebnisse.

Vergleicht man wie im vorangegangenen Kapitel bei Schäfer auch hier mit den Mittelwerten der 12 Probanden für P2 bei $|\ln Q - \ln 4|$, so sieht das folgendermaßen aus:

Elagöz, P2, $|\ln Q - \ln 4|$, ori:

b:	0.27157	b - a:	↘
s:	0.21514	b - s:	↘
a:	0.25987	s - a:	↗

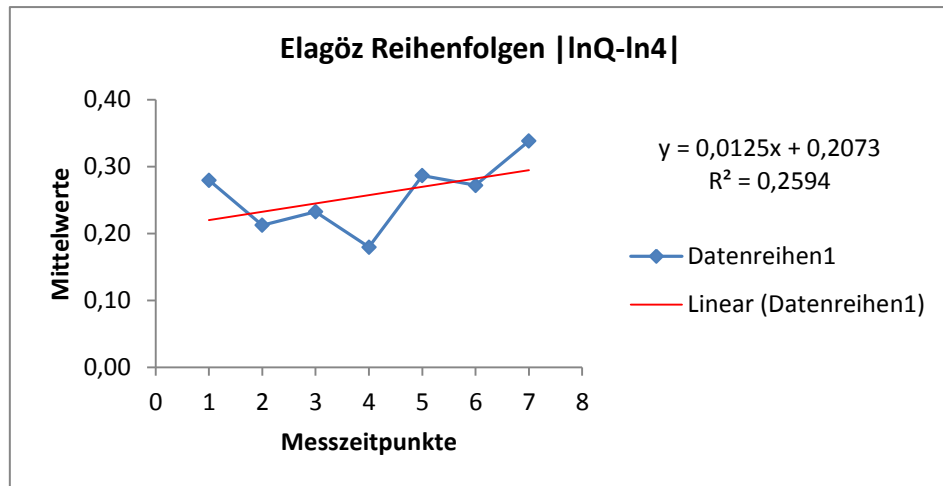


Abb. 7.11: Steigender Trend bei Elagöz, Reihenfolgen $|\ln Q - \ln 4|$, ori

Aus obigem Diagramm lässt sich ein, wenn auch recht flach steigender Gesamttrend für die Variable $|\ln Q - \ln 4|$ herauslesen. R^2 als Bestimmtheitsmaß für die lineare Regression liegt bei knapp 26% und es ist ferner mit freiem Auge der Anstieg der Regressionsgeraden sichtbar. Es gilt derselbe Sachverhalt wie schon bei Schäfer. Folgen die Intervalle dem Trend, so werden die p-Werte größer, verhalten sie sich jedoch trendgegenläufig, so sinken die p-Werte. Betrachtet man die oben erwähnten Werte von P2, $|\ln Q - \ln 4|$, P2_b - P2_a, so lässt sich erkennen:

P2_b - P2_s, t(ori): $p = 0.50083$

P2_b - P2_s, t(det): $p = 0.05150$

Die Mittelwerte der Abfolge b - s waren abfallend, daher führt die Trendgegenläufigkeit zu einem niedrigeren p-Wert nach erfolgter Trendbereinigung.

Betrachtet man nun zum Vergleich noch die Abfolge s - a, so erhält man folgende Werte:

P2_s - P2_a, t(ori): $p = 0.35302$

P2_s - P2_a, t(det): $p = 0.49922$

Hier stiegen die Mittelwerte an, ebenso wie der Gesamttrend. Daher nimmt der p-Wert zu, man könnte auch sagen, p wird „noch weniger signifikant“.

Analog zu Schäfers Farblichtern seien auch hier die restlichen 3 Variablen in der Regression abgebildet:

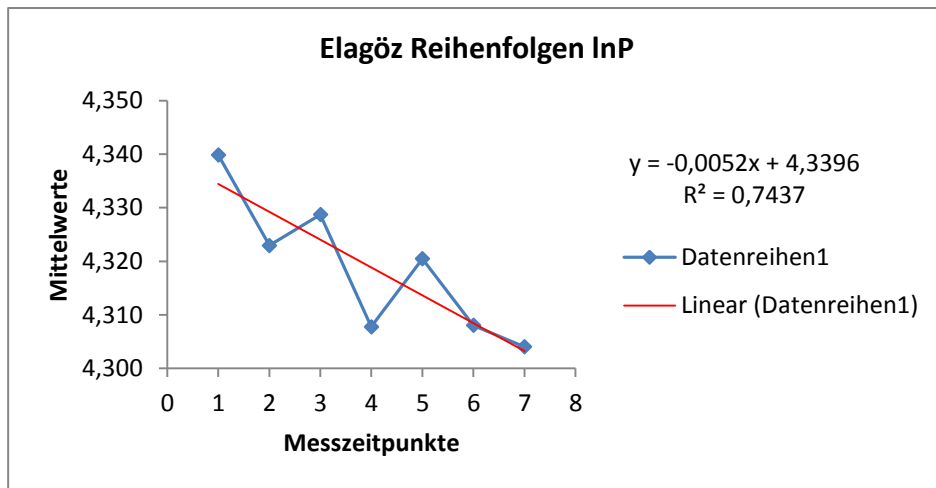


Abb. 7.12: Fallender Trend bei Elagöz, Reihenfolgen lnP, ori

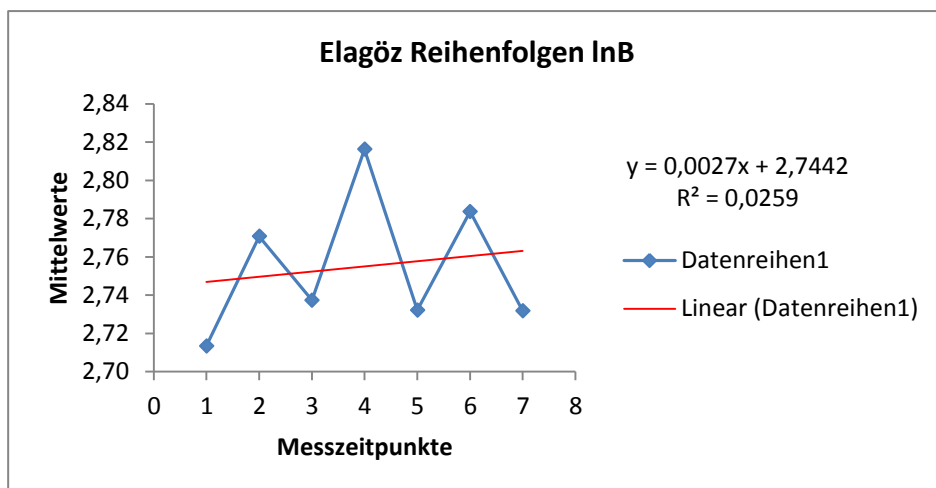


Abb. 7.13: Steigender Trend bei Elagöz, Reihenfolgen lnB, ori

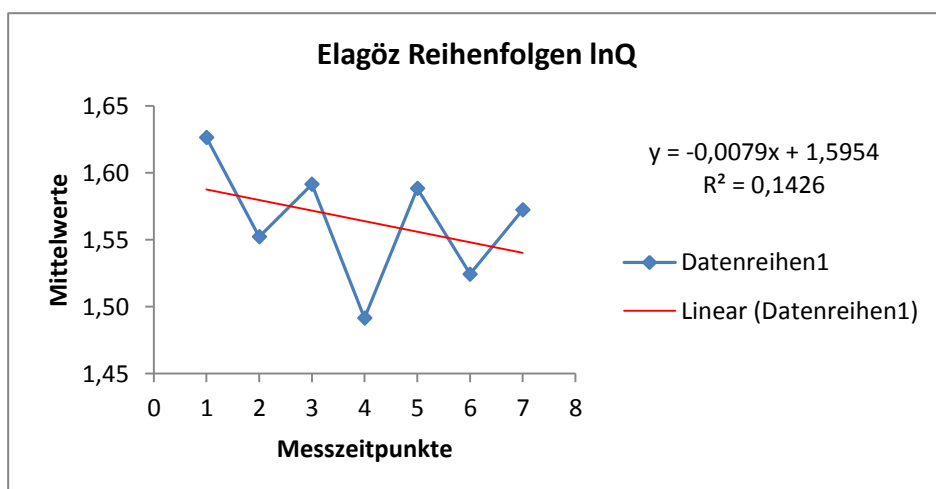
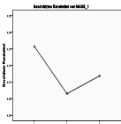
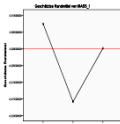
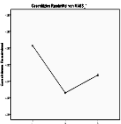
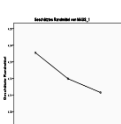
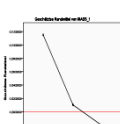
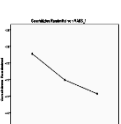
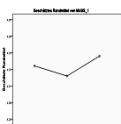
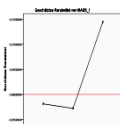
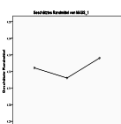
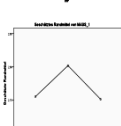
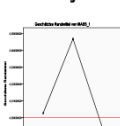
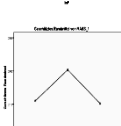
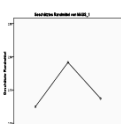
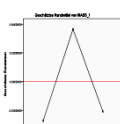
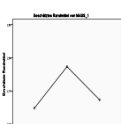
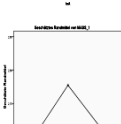
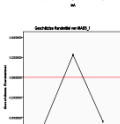
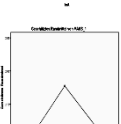
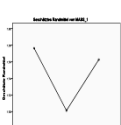
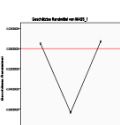
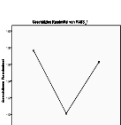
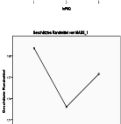
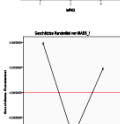
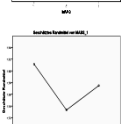
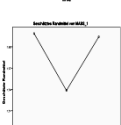
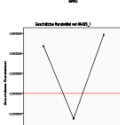
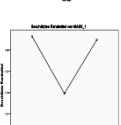
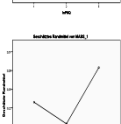
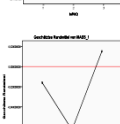
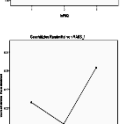
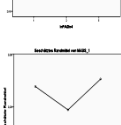
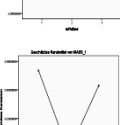
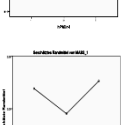
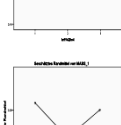
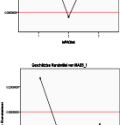
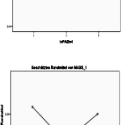
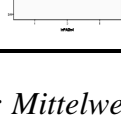
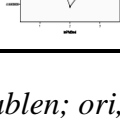
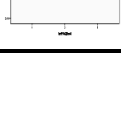





Abb. 7.14: Fallender Trend bei Elagöz, Reihenfolgen lnQ, ori

In Abb. 7.11- Abb. 7.14 ist überall ein deutliches Zick-Zack-Muster erkennbar. Das bedeutet wie schon bei Schäfer (Kap. 7.3), dass sich die Mittelwerte während des Reizes deutlich verändern und in der Dunkelphase wieder in die Gegenrichtung gehen. Das lässt sich auch sehr schön Tab. 7.4 mit den kleinen Mittelwert-Bildchen entnehmen. In dieser Tabelle erkennt man ferner auch, dass es bei lnP gar keinen und bei den restlichen Variablen kaum nennenswerte Unterschiede zwischen ori und cor Daten gibt. Auch Tab. 7.5 macht das deutlich. Wenn auch die p-Werte in den Variablen lnB, lnQ und $|\ln Q - \ln 4|$ nicht exakt dieselben sind aufgrund der Artefaktkorrektur, so sieht man doch, dass die gefärbten p-Werte bei ori und cor in den selben Zeilen vorkommen.

Es verwundert ein wenig, dass Schäfer teils sehr hohe Signifikanzen, Elagöz jedoch kaum relevante Ergebnisse erhielt. Einerseits waren die Reizstärken unterschiedlich. Schäfers Lichtreize waren stärker als jene von Elagöz (vgl. Kap. 6.3, 6.4). Andererseits konnte die Vermutung, Schäfer sei deshalb möglicherweise so signifikant, weil seine Probanden sehr ähnlich waren (ersichtlich bei seinen demografischen Angaben zu den Einzelpersonen) und daher auch ähnlich reagierten, nach genauerer Betrachtung entkräftet werden. Denn auch die 12 Versuchspersonen bei Elagöz schienen einander sehr ähnlich, vielleicht sogar noch ähnlicher als jene bei Schäfer, da sie alle 12 weiblich und türkischer Herkunft waren. Wertet man aber die gesammelten Daten der Probanden hinsichtlich der Gesundheitsscheibe nach Kratky [Krat03] aus, so stellt man recht Erstaunliches fest: Die Probanden bei der Versuchsreihe Schäfer waren hauptsächlich bei Vata und dazu angrenzenden Gebieten auf der Scheibe vertreten, nicht jedoch bei Pitta und Kapha. Elgöz' Versuchspersonen hingegen repräsentierten die gesamte Scheibe. (vgl. dazu auch Kap.4.4). Möglicherweise mitteln sich durch diese gleichmäßige Verteilung der Probanden einige Ergebnisse derart weg, dass im Anschluss daran kaum signifikante p-Werte übrigbleiben.

Elagöz			ori		det		cor	
Ch_b Ch_s Ch_a	lnP		4.3314		0.0074		4.3314	
			4.3029 ↘		-0.0159 ↘		4.3029 ↘	
			4.3137 ↗		0.0001 ↗		4.3137 ↗	
Co_b Co_s Co_a	lnP		4.3355		0.0115		4.3355	
			4.3198 ↘		0.0010 ↘		4.3198 ↘	
			4.3114 ↘		-0.0022 ↘		4.3114 ↘	
P2_b P2_s P2_a	lnP		4.3221		-0.0019		4.3221	
			4.3160 ↘		-0.0028 ↘		4.3160 ↘	
			4.3281 ↗		0.0145 ↗		4.3281 ↗	
Ch_b Ch_s Ch_a	lnB		2.7548		0.0025		2.7538	
			2.8017 ↗		0.0467 ↗		2.8003 ↗	
			2.7508 ↘		-0.0069 ↘		2.7500 ↘	
Co_b Co_s Co_a	lnB		2.7248		-0.0275		2.7240	
			2.7915 ↗		0.0365 ↗		2.7867 ↗	
			2.7368 ↘		-0.0209 ↘		2.7366 ↘	
P2_b P2_s P2_a	lnB		2.7032		-0.0491		2.7022	
			2.7774 ↗		0.0224 ↗		2.7773 ↗	
			2.7137 ↘		-0.0440 ↘		2.7126 ↘	
Ch_b Ch_s Ch_a	lnQ		1.5766		0.0049		1.5776	
			1.5012 ↘		-0.0633 ↘		1.5026 ↘	
			1.5629 ↗		0.0070 ↗		1.5637 ↗	
Co_b Co_s Co_a	lnQ		1.6107		0.0390		1.6115	
			1.5283 ↘		-0.0355 ↘		1.5332 ↘	
			1.5747 ↗		0.0188 ↗		1.5749 ↗	
P2_b P2_s P2_a	lnQ		1.6189		0.0472		1.6200	
			1.5386 ↘		-0.0252 ↘		1.5387 ↘	
			1.6144 ↗		0.0585 ↗		1.6155 ↗	
Ch_b Ch_s Ch_a	lnQ -ln4		0.2289		-0.0159		0.2278	
			0.1946 ↘		-0.0627 ↘		0.1961 ↘	
			0.2849 ↗		0.0151 ↗		0.2857 ↗	
Co_b Co_s Co_a	lnQ -ln4		0.2983		0.0535		0.2986	
			0.2540 ↘		-0.0033 ↘		0.2507 ↘	
			0.3127 ↗		0.0429 ↗		0.3129 ↗	
P2_b P2_s P2_a	lnQ -ln4		0.2716		0.0268		0.2722	
			0.2151 ↘		-0.0422 ↘		0.2161 ↘	
			0.2599 ↗		-0.0099 ↗		0.2584 ↗	

Tab. 7.4: Elagöz: Mittelwerte der 4 Variablen; ori, det, cor

Elagöz		t: ori	t: det	t: cor		Wil: ori	Wil: det	Wil: cor
Ch_b - Ch_a	lnP	.15200	.53813	.15200	lnP	.13610	.75368	.13610
Ch_b - Ch_s		.01563	.03955	.01563		.02291	.04986	.02291
Ch_s - Ch_a		.28838	.12635	.28838		.34652	.11666	.34652
Rep. meas. (GG)		.04039	.09888	.04039	Friedm.	.07552	.20529	.07552
Co_b - Co_a	lnP	.03169	.19003	.03169	lnP	.03417	.15794	.03417
Co_b - Co_s		.11366	.27494	.11366		.11666	.34652	.11666
Co_s - Co_a		.34535	.71566	.34535		.48018	.53028	.48018
Rep. meas. (GG)		.04712	.31361	.04712	Friedm.	.07552	.17377	.07552
P2_b - P2_a	lnP	.56672	.13280	.56672	lnP	.72211	.13610	.72211
P2_b - P2_s		.42304	.90324	.42304		.43277	1	.43277
P2_s - P2_a		.23316	.09839	.23316		.34652	.11666	.34652
Rep. meas. (GG)		.41760	.13169	.41760	Friedm.	.97895	.33847	.97895
Ch_b - Ch_a	lnB	.93284	.84359	.93633	lnB	1	1	.93747
Ch_b - Ch_s		.29964	.32699	.29605		.43277	.43277	.43277
Ch_s - Ch_a		.32933	.30547	.32987		.48018	.34652	.48018
Rep. meas. (GG)		.48655	.47906	.49060	Friedm.	.71653	.71653	.71653
Co_b - Co_a	lnB	.79987	.88943	.79036	lnB	.75368	.81395	.69489
Co_b - Co_s		.06183	.07146	.08131		.03417	.03417	.08438
Co_s - Co_a		.24701	.22589	.30805		.34652	.27210	.34652
Rep. meas. (GG)		.25267	.25871	.31041	Friedm.	.55804	.36788	.71653
P2_b - P2_a	lnB	.56463	.77927	.58305	lnB	.53028	.87533	.48018
P2_b - P2_s		.19874	.21436	.19367		.11666	.13610	.11666
P2_s - P2_a		.30618	.28713	.30283		.43277	.43277	.48018
Rep. meas. (GG)		.25979	.26296	.25651	Friedm.	.26360	.33847	.33847
Ch_b - Ch_a	lnQ	.75543	.96166	.75621	lnQ	.75368	.87533	.69489
Ch_b - Ch_s		.09612	.12725	.09238		.08426	.13595	.08426
Ch_s - Ch_a		.23769	.18140	.23720		.23932	.20943	.23932
Rep. meas. (GG)		.22325	.22482	.22438	Friedm.	.55804	.55804	.55804
Co_b - Co_a	lnQ	.48294	.69148	.47670	lnQ	.28600	.53028	.28600
Co_b - Co_s		.01348	.02232	.01703		.00335	.00474	.00335
Co_s - Co_a		.31426	.24288	.38218		.42360	.27210	.47691
Rep. meas. (GG)		.17577	.21139	.21084	Friedm.	.01163	.07552	.01163
P2_b - P2_a	lnQ	.79695	.52305	.80699	lnQ	.81395	.48018	.81395
P2_b - P2_s		.17553	.21838	.17090		.08438	.13610	.08438
P2_s - P2_a		.20667	.16646	.20527		.18234	.09948	.18234
Rep. meas. (GG)		.19773	.19482	.19511	Friedm.	.20529	.10540	.20529
Ch_b - Ch_a	lnQ -ln4	.18565	.45129	.17642	lnQ -ln4	.18234	.48018	.20943
Ch_b - Ch_s		.47265	.33194	.49993		.81388	.63774	.81388
Ch_s - Ch_a		.07136	.11360	.07002		.02291	.07119	.02291
Rep. meas. (GG)		.14009	.22528	.13766	Friedm.	.17377	.55804	.17377
Co_b - Co_a	lnQ -ln4	.77994	.83903	.78293	lnQ -ln4	1	.53028	1
Co_b - Co_s		.23167	.13284	.18102		.24775	.09948	.15486
Co_s - Co_a		.19519	.30069	.18138		.28600	.53028	.28600
Rep. meas. (GG)		.37303	.38162	.33232	Friedm.	.44123	.20529	.44123
P2_b - P2_a	lnQ -ln4	.50083	.05150	.44748	lnQ -ln4	.69489	.09948	.63787
P2_b - P2_s		.22614	.14560	.22658		.15794	.08438	.18234
P2_s - P2_a		.35302	.49922	.38508		.30782	.48018	.34652
Rep. meas. (GG)		.29978	.22628	.31370	Friedm.	.20529	.17377	.20529

Tab. 7.5: Elagöz: p-Werte der statistischen Tests; 4 Variablen; ori, det, cor

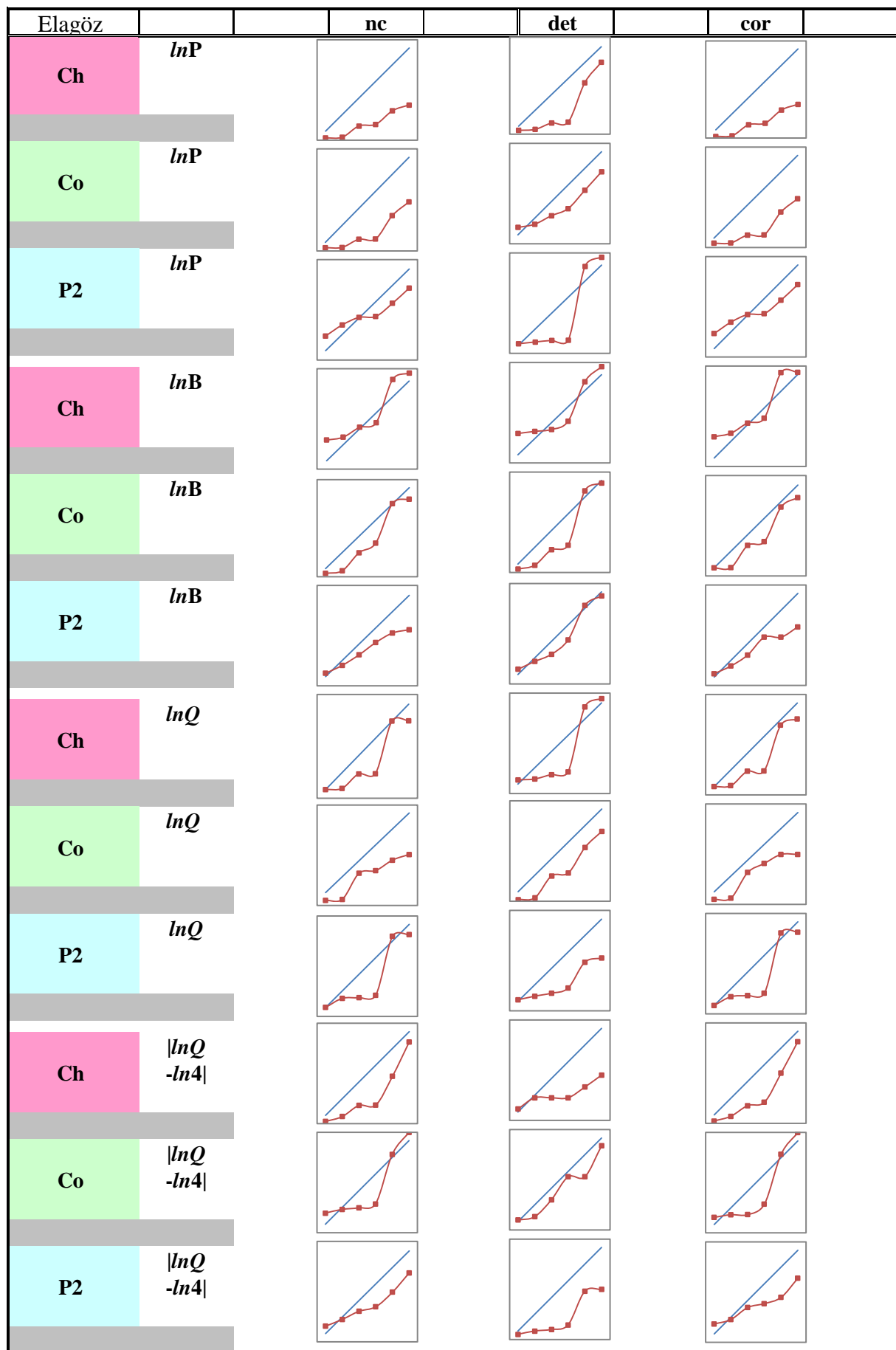


Abb. 7.15: Elagöz: Übersicht der Signifikanzdiagramme; 4 Variablen; ori, det, cor

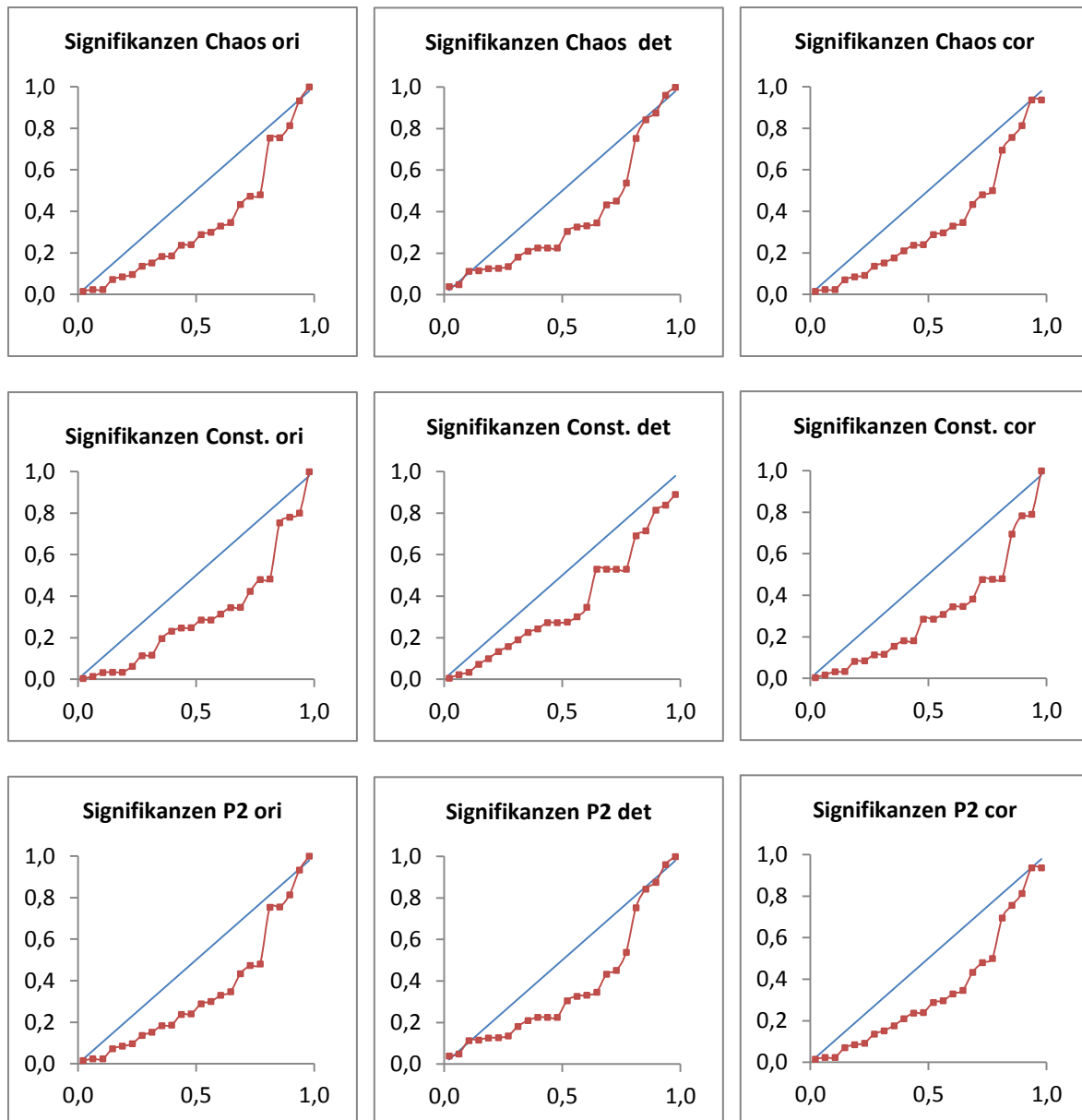


Abb. 7.16: Elagöz: Signifikanzen aller Reize der Variablen $\ln P$, $\ln B$, $\ln Q$ und $|\ln Q - \ln 4|$

Die Diagramme für die Gesamtsignifikanzen (Abb. 7.16) spiegeln den Umstand, dass es kaum signifikante Ergebnisse gibt exzellent wieder. Vergleicht man z.B. mit den Schäfer-Diagrammen (Abb. 7.10), so sieht man, dass die Kurven der p-Werte zwar alle, aber nicht so deutlich unter der Mediane liegen, was ein weiterer Hinweis auf schwächere Signifikanzen ist. Noch genauer lässt sich das Verhalten der verschiedenen Variablen bei den einzelnen Reizen durch die Einzelsignifikanzdiagramme (Abb. 7.15) beurteilen. Wie schon in 7.3 erläutert zeigen jene p-Werte-Kurven einen niedrigeren Friedman-Wert, welche mehr p-Werte im unteren Bereich - also $p < 0.05$ haben. Schneidet die Kurve im unteren Bereich gar schon die Mediane, so fällt die Gesamtsignifikanz sehr schlecht aus; beispielsweise bei Chaos, $\ln B$. Hier ist $p_{\text{Fri}}=0.71653$

7.5 Diepold

7.5.1 Abkürzungen

In diesem Kapitel gelten folgende Abkürzungen:

PN	...	Pink Noise (Rosa Rauschen)
FR	...	Frogs (Frösche)
WA	...	Water (Wasser)
_b-_a β	...	before - after β (Messung vor - zweite Messung nach Reiz)
_b-_s α	...	before - stimulus α (M. vor - erste M. während Reiz)
_b-_s β	...	before - stimulus β (M. vor - zweite M. während Reiz)
_b-_a α	...	before - after α (M. vor - erste M. nach Reiz)
_s α -_s β	...	stimulus α - stimulus β (erste M. - zweite M. während Reiz)
_s α -_a α	...	stimulus α - after α (erste M. während - erste M. nach Reiz)
_s α -_a β	...	stimulus α - after β (erste M. während - zweite M. nach Reiz)
_s β -_a α	...	stimulus β - after α (zweite M. während - erste M. nach Reiz)
_s β -_a β	...	stimulus β - after β (zweite M. während - zweite M. nach Reiz)
_a α -_a β	...	after α - after β (erste M. nach - zweite M. nach Reiz)
t	...	t-Test
Wil	...	Wilcoxon
rep. meas.	...	repeated measurements
GG	...	Korrektur nach Greenhouse Geisser
Friedm.	...	Friedman-Test
P	...	Pulse (Puls)
B	...	Breathing rate (Atemfrequenz)
Q	...	Quotient (Puls-Atem-Quotient)
ori	...	original (nicht artefaktkorrigiert)
det	...	detrended (trendbereinigt)
cor	...	corrected (artefaktkorrigiert)
\searrow	...	Mittelwerte zwischen 2 Messungen fallend
\nearrow	...	Mittelwerte zwischen 2 Messungen steigend
$0.05 \leq p < 0.1$		Tendenz zur Signifikanz bei einem einzelnen p-Wert
$0.02 \leq p < 0.05$		signifikant bei einem einzelnen p-Wert
$0.01 \leq p < 0.02$		höher signifikant bei einem einzelnen p-Wert
$p < 0.01$		hochsignifikant bei einem einzelnen p-Wert

7.5.2 Darstellung der Ergebnisse und Interpretation

Aufgrund der Anzahl der Messungen erhalten wir bei den Versuchsreihen von Diepold mehr Messintervalle. Das verändert auch ein wenig die Darstellung der Ergebnisse, da schon eine ganze Tabelle für je eine Variable benötigt wird. Wasser zeigt auf den ersten Blick bei lnP die meisten signifikanten p-Werte. Besonders auf den Unterschied vor und nach dem Reiz scheint es hier einen Effekt zu geben. p-Friedman zeigt hier einen deutlicher signifikanten Wert als die Messwiederholung. Wie auch schon zuvor bestätigt sich, dass Signifikanzen entweder bei lnP oder bei den Variablen lnB, lnQ und |lnQ-ln4| zu finden sind. Zwar gibt es ein paar wenige einzelne signifikante Werte auch bei Wasser in den anderen 3 Variablen, diese können aber nach Bonferroni als rein zufällig angesehen werden. Gegen echt signifikante Aussagen sprechen auch die p-Werte des Friedmantests und der repeated measurements. Pink Noise ist nur „fast“ signifikant in einigen Intervallen. Das verdeutlichen auch sehr schön die Mittelwertdiagramme.

Generell fällt auf, dass im Falle Diepold die Artefaktkorrektur einen recht großen Einfluss auf die Signifikanz hat. In fast allen Fällen wird durch das Korrigieren der Rohdaten das Ergebnis weit signifikanter! Dieser Effekt tritt aber wieder nur in den Variablen lnB und lnQ auf. |lnQ-ln4| ist davon nicht betroffen und bei lnP sind die Unterschiede sehr gering. Das spricht wiederum dafür, dass das Korrekturprogramm eher beim Schätzen des Puls-Atem-Quotienten glättet als bei den NN-Daten.

Die Trendbereinigung zeigt keine eindeutigen Ergebnisse. Auch innerhalb eines Reizes werden die p-Werte durch das Detrenden einmal niedriger und ein anderes Mal höher.

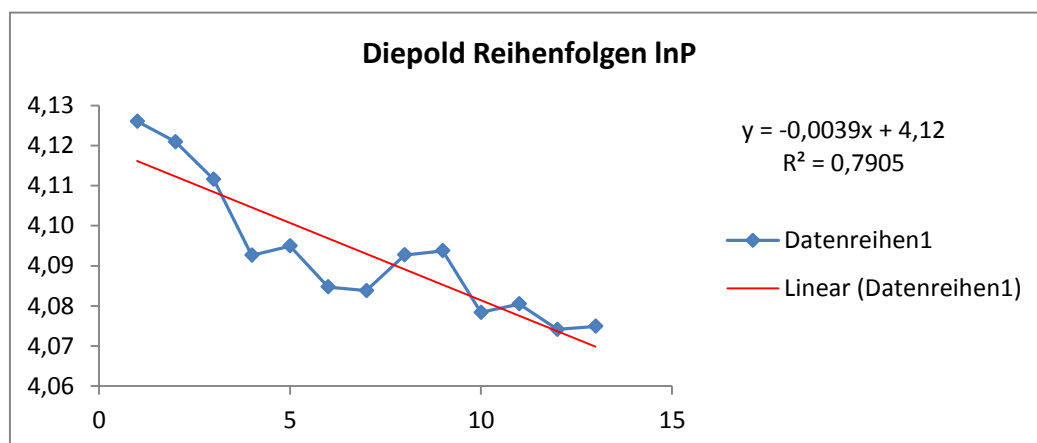


Abb. 7.17: Fallender Trend bei Diepold, Reihenfolgen lnP, ori

Anhand dieser Grafik sieht man einen fallenden Trend in der Variable lnP. Es ist allerdings kein eindeutiges Zick-Zack-Muster erkennbar. Laut vorangegangenen Überlegungen müssen nun jene Reize, die dem Trend folgen im Allgemeinen schlechter werden. Am deutlichsten ist das bei Wasser zu erkennen. Bis auf zwei t-Test Intervalle werden die p-Werte alle höher! Auch p_{Fri} wird deutlich größer.

Greift man auch hier wieder einige Mittelwerte der 12 Probanden für lnP, Wasser ori heraus, so erhält man:

Diepold, Water, lnP, ori:

b:	4.10708	b-aß:	↘
sß:	4.08222	b-sß:	↘
aß:	4.08099	sß-aß:	↘

Betrachtet man jetzt die t-test Ergebnisse, so sieht man:

WA_b-WA_aß, t(ori): $p = 0.02387$

WA_b-WA_aß, t(det): $p = 0.30790$

Somit ist die Behauptung für diesen Fall auch bestätigt. Mitläufiger Trend ergibt höhere p-Werte.

Die anderen Reize Frösche und Pink Noise, welche nicht so deutlich dem absteigenden Trend folgen, werden nicht ganz so stark erhöht. Auf die gleiche Art und Weise lassen sich die trendbereinigten Ergebnisse der anderen Variablen erklären.

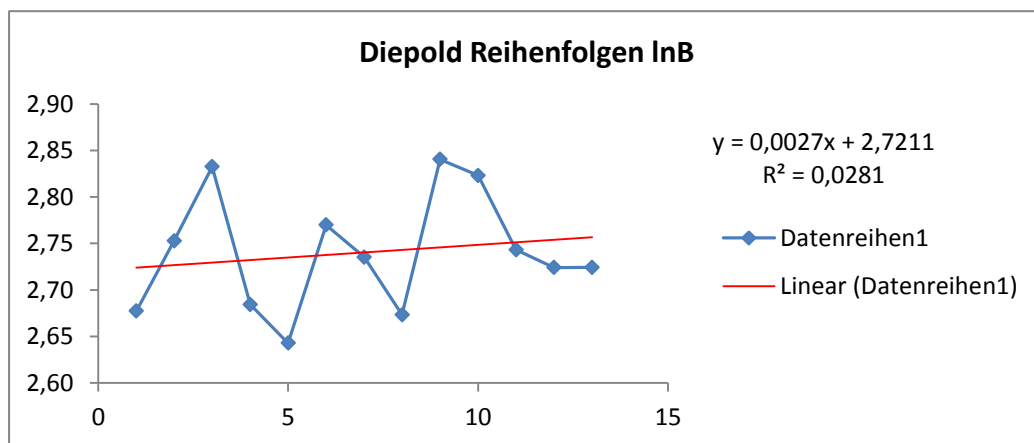


Abb. 7.18: Steigender Trend bei Diepold, Reihenfolgen lnB, ori

In Abb. 7.18 und Abb. 7.19 ist wieder Zick-Zack-Muster erkennbar. Greift man hier besonders die Werte zu Beginn des jeweiligen Messintervalls (α) heraus, also jeden 2. Messwert, kann man die Kurven noch besser mit jenen von Schäfer und Elagöz vergleichen. Was nach der ersten Messung geschieht, kann man möglicherweise als eine Art Ermüdungseffekt interpretieren.

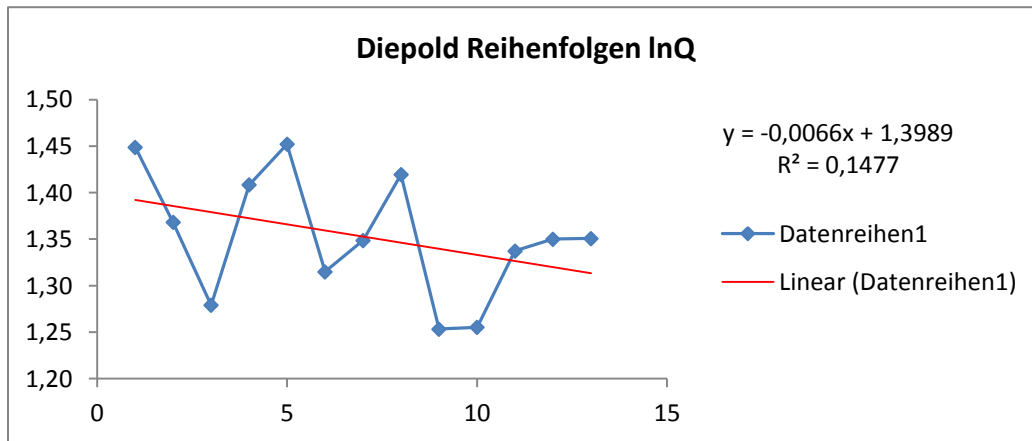


Abb. 7.19: Fallender Trend bei Diepold, Reihenfolgen $\ln Q$, ori

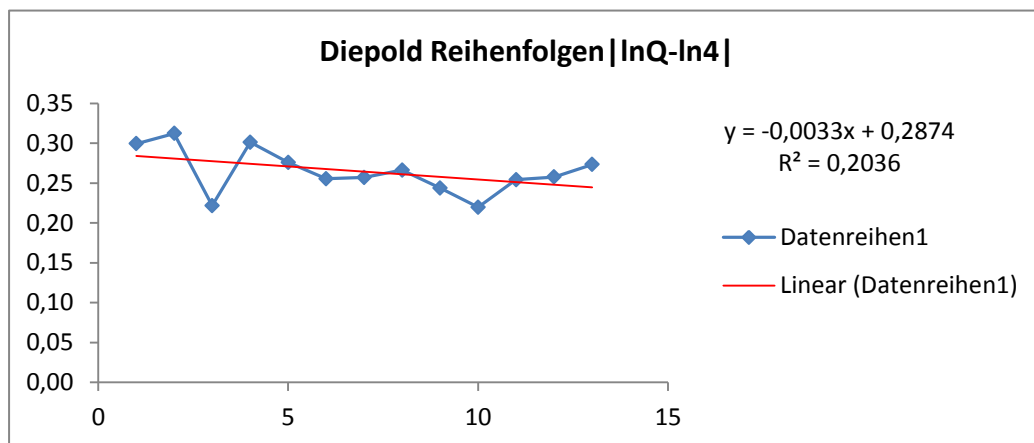
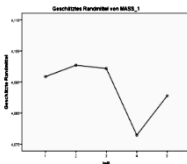
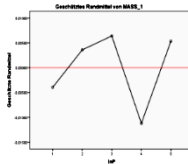
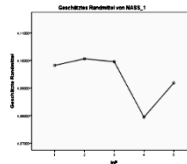
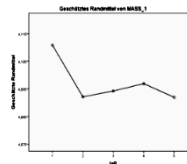
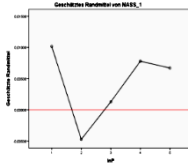
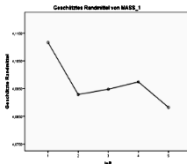
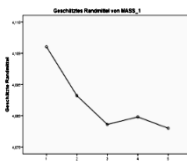
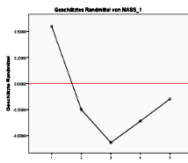
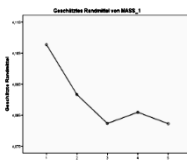


Abb. 7.20: Fallender Trend bei Diepold, Reihenfolgen $|\ln Q - \ln 4|$, ori

In Abb. 7.20 lässt sich keine klare Struktur erkennen.

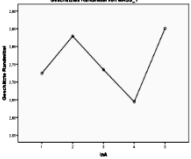
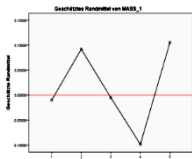
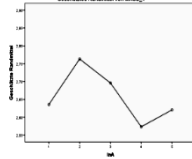
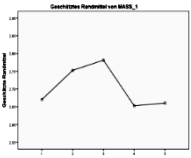
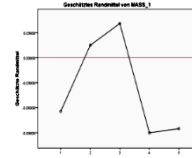
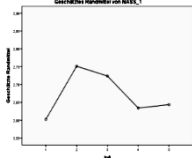
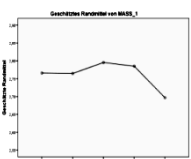
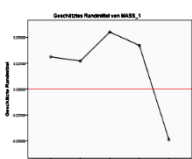
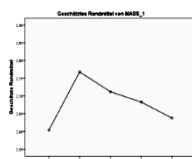
Nachfolgend findet der Leser die Darstellung der p-Werte diesmal aufgrund der Vielzahl der Messwerte auf mehrere Tabellen aufgeteilt, d.h. jede Variable ist nun in einer einzigen Tabelle zusammengefasst. Was sofort auffällt ist, dass die meisten signifikanten Werte in den Spalten cor zu finden sind. Zur besseren Übersichtlichkeit dient einerseits Abb. 7.21, wo wiederum alle Signifikanz-Bildchen zusammengefasst sind und andererseits die Darstellung der Gesamtsignifikanzen in Abb. 7.22.

Diepold		ori	det	cor
PN_b PN_sa PN_sβ PN_aa PN_aβ	lnP	4.0967	-0.0040	4.0982
		4.1004 ↗	0.0036 ↗	4.1006 ↗
		4.0994 ↘	0.0064 ↗	4.0995 ↘
		4.0779 ↘	-0.0112 ↘	4.0794 ↘
		4.0906 ↗	0.0053 ↗	4.0918 ↗
				
FR_b FR_sa FR_sβ FR_aa FR_aβ	lnP	4.1109	0.0101	4.1116
		4.0921 ↘	-0.0047 ↘	4.0928 ↘
		4.0943 ↗	0.0013 ↗	4.0947 ↗
		4.0969 ↗	0.0078 ↗	4.0974 ↗
		4.0920 ↘	0.0067 ↘	4.0882 ↘
				
WA_b WA_sa WA_sβ WA_aa WA_aβ	lnP	4.1071	0.0064	4.1077
		4.0914 ↘	-0.0054 ↘	4.0916 ↘
		4.0822 ↘	-0.0108 ↘	4.0823 ↘
		4.0846 ↗	-0.0045 ↗	4.0859 ↗
		4.0810 ↘	-0.0043 ↗	4.0822 ↘
				

Tab. 7.6: Diepold: Mittelwerte *lnP*; *ori*, *det*, *cor*

Diepold		t: ori	t: det	t: cor		Wil: ori	Wil: det	Wil: cor
PN_b-PN_aß	lnP	.66004	.50839	.64384	lnP	.63787	.81395	.63787
PN_b-PN_sa		.72822	.48065	.81651		.93747	.58292	.93747
PN_b-PN_sß		.82594	.39308	.90516		.93747	.38819	.93747
PN_b-PN_aa		.15231	.56511	.16532		.20943	.63787	.20943
PN_sa-PN_sß		.86190	.64912	.86071		.75368	.63787	.75368
PN_sa-PN_aa		.09613	.25679	.11277		.05974	.09948	.07119
PN_sa-PN_aß		.53989	.91235	.58815		.18234	.53028	.18234
PN_sß-PN_aa		.06794	.12510	.07545		.08438	.11666	.09948
PN_sß-PN_aß		.54802	.94240	.59738		.30782	.48018	.30782
PN_aa-PN_aß		.10418	.04133	.11739		.11666	.04986	.18234
Rep. meas. (GG)		.30628	.46422	.33766	Friedm.	.05477	.20418	.05477
FR_b-FR_aß	lnP	.40893	.75873	.28484	lnP	.48018	.93747	.30782
FR_b-FR_sa		.18628	.89782	.19926		.20943	.30782	.23932
FR_b-FR_sß		.37151	.33187	.36438		.43277	.63787	.48018
FR_b-FR_aa		.43393	.68750	.43597		.34652	.81395	.34652
FR_sa-FR_sß		.76587	.32097	.78749		.81395	.48018	.81395
FR_sa-FR_aa		.69030	.69977	.71390		.69489	.30782	.81395
FR_sa-FR_aß		.99065	.77011	.72476		.87533	.38819	.81395
FR_sß-FR_aa		.75919	.28230	.77119		.81395	.43277	.81395
FR_sß-FR_aß		.82008	.29272	.52421		.60998	.23932	.93747
FR_aa-FR_aß		.55077	.65470	.17936		.58292	.87533	.20943
Rep. meas. (GG)		.50745	.65945	.42789	Friedm	.69903	.45299	.71125
WA_b-WA_aß	lnP	.02387	.30790	.02900	lnP	.03417	.20943	.02806
WA_b-WA_sa		.15030	.26874	.14912		.15794	.27210	.13610
WA_b-WA_sß		.03549	.12676	.03437		.04139	.15794	.02806
WA_b-WA_aa		.04381	.29395	.05437		.03417	.20943	.04986
WA_sa-WA_sß		.24697	.49193	.24870		.18234	.43277	.18234
WA_sa-WA_aa		.49335	.92554	.57034		.48018	.87533	.63787
WA_sa-WA_aß		.35784	.91888	.39912		.20943	.81395	.23932
WA_sß-WA_aa		.81968	.55682	.73901		.63787	.30782	.58292
WA_sß-WA_aß		.91685	.58229	.99476		.69489	.63787	.87533
WA_aa-WA_aß		.69801	.98156	.69438		.58292	.75368	.58292
Rep. meas. (GG)		.08316	.48308	.09315	Friedm.	.02242	.17560	.02810

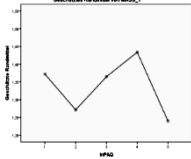
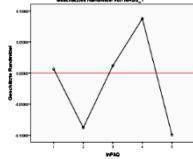
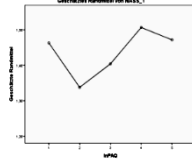
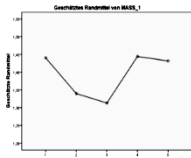
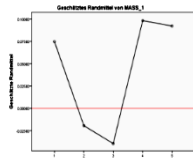
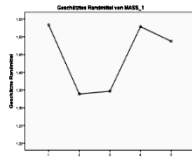
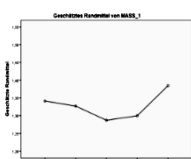
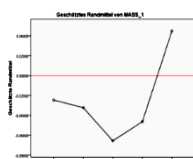
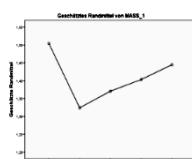
Tab. 7.7: Diepold: p-Werte der statistischen Tests; lnP; ori, det, cor

Diepold		ori	det	cor
PN_b PN_sa PN_sβ PN_aα PN_aβ	lnB	2.7245	-0.0101	2.6355
		2.8291 ↗	0.0918 ↗	2.7630 ↗
		2.7348 ↘	-0.0052 ↘	2.6958 ↘
		2.6441 ↘	-0.0986 ↘	2.5731 ↘
		2.8507 ↗	0.1053 ↗	2.6204 ↗
				
FR_b FR_sa FR_sβ FR_aα FR_aβ	lnB	2.6702	-0.0644	2.6023
		2.7523 ↗	0.0150 ↗	2.7511 ↗
		2.7811 ↗	0.0411 ↗	2.7237 ↘
		2.6526 ↘	-0.0901 ↘	2.6340 ↘
		2.6602 ↗	-0.0852 ↗	2.6010 ↘
				
WA_b WA_sa WA_sβ WA_aα WA_aβ	lnB	2.7657	0.0311	2.6036
		2.7644 ↘	0.0271 ↘	2.7677 ↗
		2.7951 ↗	0.0551 ↗	2.7119 ↘
		2.7849 ↘	0.0422 ↘	2.6828 ↘
		2.6965 ↘	-0.0489 ↘	2.6376 ↘
				

Tab. 7.8: Diepold: Mittelwerte lnB; ori, det, cor

Diepold		t: ori	t: det	t: cor		Wil: ori	Wil: det	Wil: cor
PN_b-PN_aß	lnB	.18679	.22437	.81567	lnB	.18234	.20943	.81395
PN_b-PN_sa		.11349	.12207	.04548		.18234	.20943	.01502
PN_b-PN_sß		.87380	.93981	.40095		.75368	.93747	.20943
PN_b-PN_aa		.13347	.10207	.25970		.27210	.18234	.43277
PN_sa-PN_sß		.07457	.06770	.13371		.13610	.11666	.13610
PN_sa-PN_aa		.06013	.05408	.05195		.05974	.05974	.01860
PN_sa-PN_aß		.60294	.74393	.19377		.53028	.63787	.07119
PN_sß-PN_aa		.32470	.31114	.15142		.48018	.48018	.11666
PN_sß-PN_aß		.14453	.16237	.47268		.18234	.20943	.81395
PN_aa-PN_aß		.10130	.10531	.33920		.07119	.08438	.34652
Rep. meas. (GG)		.11246	.11466	.16526	Friedm.	.37112	.43375	.09405
FR_b-FR_aß	lnB	.88997	.57771	.52186	lnB	.87533	.75368	1
FR_b-FR_sa		.31912	.41139	.03146		.20943	.27210	.00963
FR_b-FR_sß		.28624	.30810	.08576		.23932	.27210	.05974
FR_b-FR_aa		.83091	.43445	.68102		.81395	.93747	.87533
FR_sa-FR_sß		.48997	.45544	.27256		1	.93747	.15794
FR_sa-FR_aa		.27872	.59771	.06644		.27210	.27210	.03417
FR_sa-FR_aß		.23496	.53749	.09830		.30782	.09948	.09948
FR_sß-FR_aa		.15557	.89410	.07261		.13610	.13610	.09948
FR_sß-FR_aß		.13780	.49783	.14978		.18234	.15794	.11666
FR_aa-FR_aß		.84298	.49978	.82277		1	.87533	1
Rep. meas. (GG)		.30984	.29152	.08273	Friedm	.45299	.26738	.00668
WA_b-WA_aß	lnB	.51269	.45071	.42825	lnB	.69489	.53028	.34652
WA_b-WA_sa		.97395	.92250	.12811		.87533	.93747	.04986
WA_b-WA_sß		.62824	.69217	.32725		.63787	.75368	.53028
WA_b-WA_aa		.80312	.88556	.45136		.63787	.63787	1
WA_sa-WA_sß		.59818	.63034	.12849		.81395	.75368	.18234
WA_sa-WA_aa		.70896	.78305	.00890		.69489	.53028	.01206
WA_sa-WA_aß		.42465	.37329	.17050		.63787	.58292	.04139
WA_sß-WA_aa		.86849	.83430	.58273		.58292	.58292	.30782
WA_sß-WA_aß		.31237	.28787	.46929		.69489	.58292	.43277
WA_aa-WA_aß		.35282	.33890	.62916		.63787	.63787	.43277
Rep. meas. (GG)		.62694	.58799	.28991	Friedm.	.97666	.97666	.20933

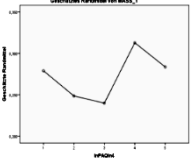
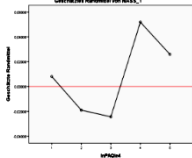
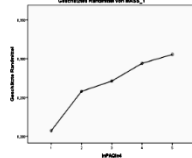
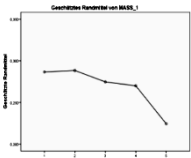
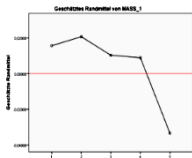
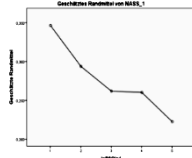
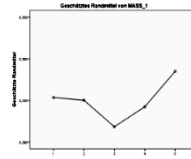
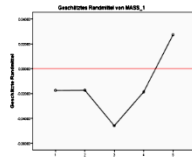
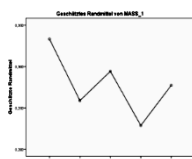
Tab. 7.9: Diepold: p-Werte der statistischen Tests; lnB; ori, det, cor

Diepold		ori		det		cor	
PN_b PN_sa PN_sβ PN_aa PN_aβ	<i>lnQ</i>	1.3723		0.0064		1.4627	
		1.2714	↘	-0.0879	↘	1.3376	↘
		1.3646	↗	0.0119	↗	1.4037	↗
		1.4338	↗	0.0877	↗	1.5063	↗
		1.2399	↘	-0.0996	↘	1.4715	↘
							
FR_b FR_sa FR_sβ FR_aa FR_aβ	<i>lnQ</i>	1.4407		0.0748		1.5333	
		1.3398	↘	-0.0195	↘	1.3387	↘
		1.3132	↘	-0.0395	↘	1.3464	↗
		1.4443	↗	0.0982	↗	1.5284	↗
		1.4317	↘	0.0922	↘	1.4872	↘
							
WA_b WA_sa WA_sβ WA_aa WA_aβ	<i>lnQ</i>	1.3414		-0.0245		1.5041	
		1.3271	↘	-0.0322	↘	1.3239	↘
		1.2871	↘	-0.0656	↘	1.3705	↗
		1.2998	↗	-0.0463	↗	1.4031	↗
		1.3845	↗	0.0450	↗	1.4446	↗
							

Tab. 7.10: Diepold: Mittelwerte *lnQ*; *ori*, *det*, *cor*

Diepold		t: ori	t: det	t: cor		Wil: ori	Wil: det	Wil: cor
PN_b-PN_aß	lnQ	.15862	.25136	.90363	lnQ	.15794	.23932	.43277
PN_b-PN_sa		.14621	.17190	.06920		.20943	.30782	.04086
PN_b-PN_sß		.91113	.93585	.42107		.75368	.81395	.20943
PN_b-PN_aa		.24755	.13475	.42528		.48018	.23932	.43277
PN_sa-PN_sß		.08885	.07098	.15526		.13610	.11666	.08438
PN_sa-PN_aa		.11567	.09183	.10295		.09948	.05974	.04986
PN_sa-PN_aß		.47647	.78976	.27594		.34652	.69489	.27210
PN_sß-PN_aa		.47960	.43976	.25608		.69489	.69489	.53028
PN_sß-PN_aß		.13724	.17957	.56098		.13610	.20943	1
PN_aa-PN_aß		.11413	.12559	.50505		.09948	.11666	.43277
Rep. meas. (GG)		.14972	.15937	.27207	Friedm.	.14310	.43375	.11864
FR_b-FR_aß	lnQ	.89857	.74633	.52004	lnQ	.65664	.69489	.81395
FR_b-FR_sa		.25176	.53078	.03626		.13610	.20943	.00963
FR_b-FR_sß		.24339	.25492	.04810		.27210	.27210	.04986
FR_b-FR_aa		.96319	.19890	.95497		.87533	.87533	.65664
FR_sa-FR_sß		.55351	.14784	.85324		.75368	.87533	.34652
FR_sa-FR_aa		.26984	.12270	.07205		.30782	.27210	.04986
FR_sa-FR_aß		.22148	.83696	.07420		.20943	.08438	.11666
FR_sß-FR_aa		.15454	.89782	.05075		.13610	.09948	.02806
FR_sß-FR_aß		.12694	.33187	.06593		.20943	.13610	.05974
FR_aa-FR_aß		.76000	.32097	.40612		.93747	.75368	.53028
Rep. meas. (GG)		.27809	.24440	.04094	Friedm	.47283	.28730	.01378
WA_b-WA_aß	lnQ	.68160	.51114	.23862	lnQ	.93747	.58292	.24775
WA_b-WA_sa		.72759	.85110	.12549		.75368	.81395	.04986
WA_b-WA_sß		.36623	.49069	.26229		.53028	.58292	.43277
WA_b-WA_aa		.58418	.77323	.36301		.81395	.58292	.69489
WA_sa-WA_sß		.49780	.57016	.21902		.75368	.93747	.38819
WA_sa-WA_aa		.61418	.79369	.00936		.58292	.38819	.01502
WA_sa-WA_aß		.53049	.40243	.23435		.75368	.58292	.15794
WA_sß-WA_aa		.82720	.74014	.53903		.58292	.38819	.28600
WA_sß-WA_aß		.33288	.27448	.49932		.81395	.69489	.53369
WA_aa-WA_aß		.38509	.35052	.67334		.81395	.69489	.43277
Rep. meas. (GG)		.63352	.56948	.28500	Friedm.	.88895	.50367	.16492

Tab. 7.11: Diepold: p-Werte der statistischen Tests; lnQ; ori, det, cor

Diepold		ori	det	cor
PN_b	$ \ln Q$	0.2790	0.0081	0.2071
PN_sa	$-\ln 4$	0.2486 ↘	-0.0190 ↘	0.2578 ↗
PN_sβ		0.2399 ↘	-0.0244 ↘	0.2710 ↗
PN_aa		0.3128 ↗	0.0518 ↗	0.2939 ↗
PN_aβ		0.2836 ↘	0.0259 ↘	0.3053 ↗
				
FR_b	$ \ln Q$	0.2865	0.0156	0.3465
FR_sa	$-\ln 4$	0.2883 ↗	0.0207 ↗	0.2938 ↘
FR_sβ		0.2746 ↘	0.0103 ↘	0.2619 ↘
FR_aa		0.2699 ↘	0.0089 ↘	0.2602 ↘
FR_aβ		0.2243 ↘	-0.0334 ↘	0.2225 ↘
				
WA_b	$ \ln Q$	0.2534	-0.0175	0.3330
WA_sa	$-\ln 4$	0.2502 ↘	-0.0174 ↗	0.2586 ↘
WA_sβ		0.2183 ↘	-0.0460 ↘	0.2941 ↗
WA_aa		0.2423 ↗	-0.0187 ↗	0.2286 ↘
WA_aβ		0.2850 ↗	0.0273 ↗	0.2771 ↗
				

Tab. 7.12: Diepold: Mittelwerte $|\ln Q - \ln 4|$; ori, det, cor

Diepold		t: ori	t: det	t: cor		Wil: ori	Wil: det	Wil: cor
PN_b-PN_aß	lnQ -ln4	.92000	.69888	.14363	lnQ -ln4	.87533	.63787	.09948
PN_b-PN_sa		.47304	.52139	.14661		.53028	.58292	.15486
PN_b-PN_sß		.39105	.47361	.20655		.05974	.15794	.38819
PN_b-PN_aa		.52110	.40993	.08270		.43277	.30782	.08438
PN_sa-PN_sß		.88133	.92627	.78388		.69489	.75368	.43277
PN_sa-PN_aa		.25671	.21389	.48248		.34652	.27210	.38819
PN_sa-PN_aß		.32674	.21471	.40032		.20943	.13610	.75368
PN_sß-PN_aa		.26627	.24646	.68536		.23932	.18234	.69489
PN_sß-PN_aß		.49138	.42995	.68868		.48018	.48018	1
PN_aa-PN_aß		.66104	.69700	.82668		.69489	.69489	.75368
Rep. meas. (GG)		.60098	.53695	.39167	Friedm.	.24866	.30844	.53090
FR_b-FR_aß	lnQ -ln4	.18739	.47398	.04947	lnQ -ln4	.37394	.87533	.02806
FR_b-FR_sa		.96652	.93778	.41153		.37394	.63787	.63787
FR_b-FR_sß		.80484	.17662	.23439		1	.93747	.34652
FR_b-FR_aa		.77648	.11510	.22754		.87533	.69489	.32806
FR_sa-FR_sß		.76001	.23683	.42758		.90629	.93747	.48018
FR_sa-FR_aa		.68714	.11122	.54149		.69489	.75368	.53028
FR_sa-FR_aß		.11522	.57058	.17864		.08438	.30782	.15794
FR_sß-FR_aa		.92527	.33213	.97135		.93747	.93747	.93747
FR_sß-FR_aß		.51807	.89232	.41572		.20943	.30782	.38819
FR_aa-FR_aß		.23891	.50607	.28974		.27210	.34652	.27210
Rep. meas. (GG)		.58945	.72717	.22977	Friedm	.61506	.79676	.41977
WA_b-WA_aß	lnQ -ln4	.47210	.31380	.25552	lnQ -ln4	.58292	.27210	.21322
WA_b-WA_sa		.93461	.99766	.26741		.87533	.93747	.38819
WA_b-WA_sß		.46532	.55161	.58737		.53028	.53028	.93747
WA_b-WA_aa		.78050	.97527	.13680		.43277	.81395	.11666
WA_sa-WA_sß		.47180	.51784	.34227		.69489	.75368	.58292
WA_sa-WA_aa		.76922	.96018	.38927		.63787	1	.48018
WA_sa-WA_aß		.43761	.32305	.69654		.87533	.69489	.93747
WA_sß-WA_aa		.44162	.38325	.19600		.81395	.75368	.18231
WA_sß-WA_aß		.20953	.17098	.79261		.38819	.34652	.47691
WA_aa-WA_aß		.43213	.39853	.37635		.69489	.69489	.93747
Rep. meas. (GG)		.57664	.50097	.38140	Friedm.	.90980	.97666	.83223

Tab. 7.13: Diepold: p-Werte der statistischen Tests; |lnQ-ln4|, ori, det, cor

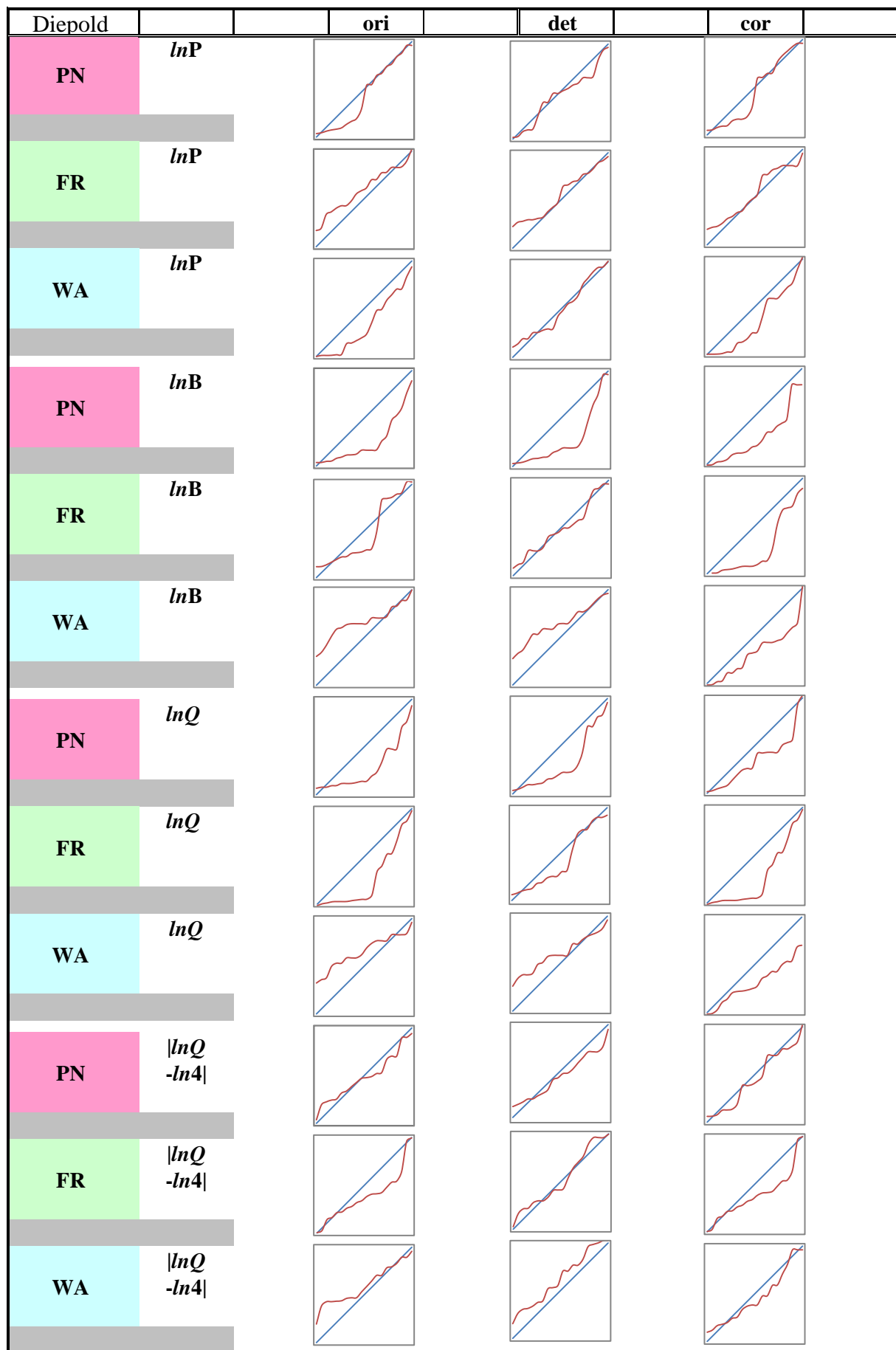


Abb. 7.21: Diepold: Übersicht der Signifikanzdiagramme; 4 Variablen; ori, det, cor

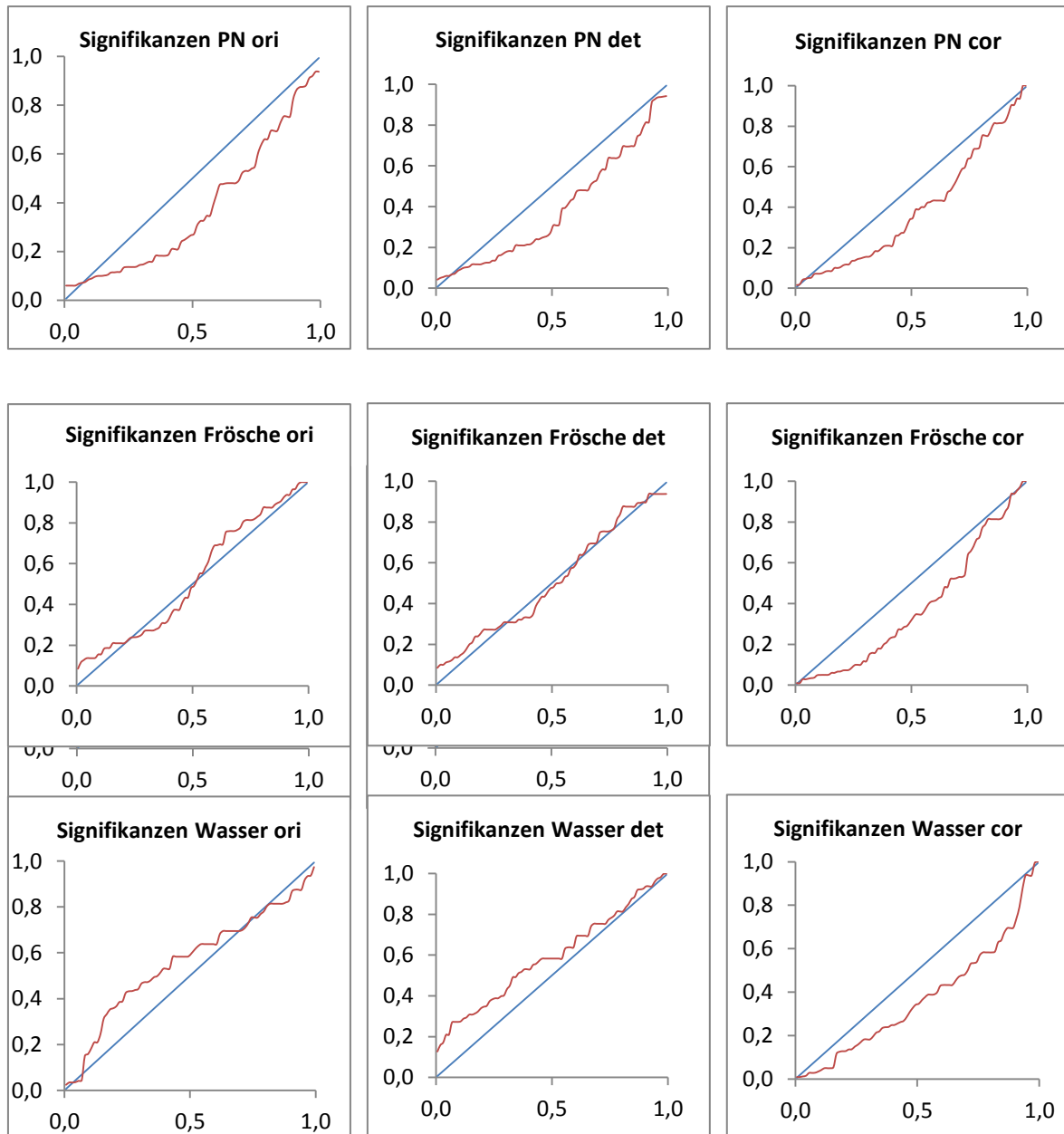


Abb. 7.22: Diepold: Signifikanzen aller Reize der Variablen $\ln P$, $\ln B$, $\ln Q$ und $|\ln Q - \ln 4|$

Anhand der Signifikanzdiagramme (Abb. 7.22) wird deutlich sichtbar, wie wenige Signifikanzen diese Versuchsreihe mit den drei verschiedenen akustischen Reizen liefert. Viele der p-Werte Kurven decken sich beinahe mit der Mediane. Daraus kann geschlossen werden, dass die Ergebnisse der Tests als zufällig angesehen werden können.

Bei den Gesamtsignifikanzen liegen lediglich alle cor Reihen der einzelnen Reize vollständig unterhalb der Mediane. Bei Frösche ori und Frösche det liegen die p-Werte Kurven sogar ziemlich genau deckungsgleich auf der Mediane. Wasser det liegt außerdem komplett oberhalb der Mediane, was an und für sich selbst schon wieder signifikant erscheint. Pink Noise ist der einzige Reiz, der nahezu ganz unterhalb der Mediane zu liegen kommt, wenngleich auch hier gerade im entscheidenden unteren Bereich die Kurve die Mediane schneidet. Pink Noise kann am ehesten in der Ausprägung mit Schäfers Blau und Elagöz im Allgemeinen verglichen werden.

7.6 Schäfer Weißlichter

7.6.1 Abkürzungen

In diesem Kapitel gelten folgende Abkürzungen:

SW	...	Standard White (Standardweiß)
DW	...	Daylight White (Tageslichtweiß)
_b-_a	...	before - after (Messung vor - Messung nach Reiz)
_b-_s α	...	before - stimulus α (M. vor - erste M. während Reiz)
_b-_s β	...	before - stimulus β (M. vor - zweite M. während Reiz)
_b-_s γ	...	before - stimulus γ (M. vor - dritte M. während Reiz)
_s α -_s β	...	stimulus α - stimulus β (erste M. während - zweite M. während Reiz)
_s α -_s γ	...	stimulus α - stimulus γ (erste M. während - dritte M. während Reiz)
_s α -_a	...	stimulus α - after (erste M. während - M. nach Reiz)
_s β -_s γ	...	stimulus β - stimulus γ (zweite M. während - dritte M. während Reiz)
_s β -_a	...	stimulus β - after (zweite M. während - M. nach Reiz)
_s γ -_a	...	stimulus γ - after (dritte M. während - M. nach Reiz)
t	...	t-Test
Wil	...	Wilcoxon
rep. meas.	...	repeated measurements
GG	...	Korrektur nach Greenhouse Geisser
Friedm.	...	Friedman-Test
P	...	Pulse (Puls)
B	...	Breathing rate (Atemfrequenz)
Q	...	Quotient (Puls-Atem-Quotient)
ori	...	original (nicht artefaktkorrigiert)
det	...	detrended (trendbereinigt)
↘	...	Mittelwerte zwischen 2 Messungen fallend
↗	...	Mittelwerte zwischen 2 Messungen steigend
$0.05 \leq p < 0.1$		Tendenz zur Signifikanz bei einem einzelnen p-Wert
$0.02 \leq p < 0.05$		signifikant bei einem einzelnen p-Wert
$0.01 \leq p < 0.02$		höher signifikant bei einem einzelnen p-Wert
$p < 0.01$		hochsignifikant bei einem einzelnen p-Wert

7.6.2 Darstellung der Ergebnisse und Interpretation

Bei Schäfers Weißlicht-Versuchen erkennt man nun schon auf den ersten Blick anhand der farbig markierten p-Werte, dass Standardweiß weit weniger Auswirkungen auf die HRV hat als Tageslichtweiß. Standardweiß ist lediglich bei lnP signifikant, bei Tageslichtweiß verhält es sich genau umgekehrt. Sowohl lnB als auch lnQ und $|\ln Q - \ln 4|$ liefern bei Tageslichtweiß viele signifikante p-Werte.

Wie bereits erwähnt, lagen leider keine Rohdaten der Weißlichtversuche mehr vor, sodass hier auf die Unterscheidung ori und cor verzichtet werden musste. Weiters standen lediglich noch 8 anstatt 12 Datenreihen zur Verfügung, weshalb aufgrund der geringen Probandenzahl sämtliche Ergebnisse mit Vorbehalt angesehen werden sollten. Dennoch sind die Ergebnisse sehr eindrucksvoll, besonders was DW betrifft.

Bezüglich der Trendbereinigung setzt sich auch hier fort, was in den vorangegangenen Versuchen bereits festgestellt werden konnte: mitläufige Variablen verlieren an Signifikanz, gegenläufige verbessern die Werte hingegen. Greifen wir beispielsweise Standardweiß, lnP, ori heraus, so zeigt die Grafik folgendes:

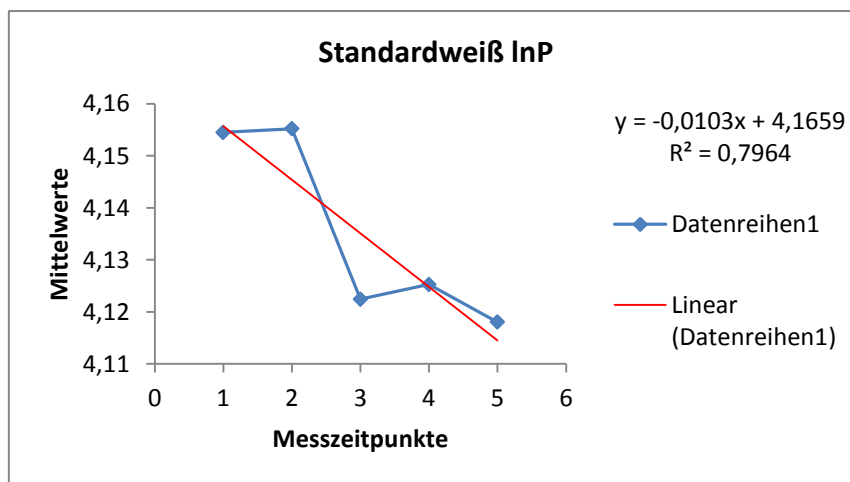


Abb. 7.23: Fallender Trend bei Schäfer SW, Reihenfolgen lnP, ori

Sowohl rein optisch als auch nach dem Trendtest von Page lässt sich eindeutig ein fallender Trend beobachten. Der kritische Wert für den Trendtest von Page liegt bei $k=5$ (Anzahl der Messpunkte) und $N=8$ (Anzahl der Probanden) mit einem Signifikanzniveau von $\alpha=0.05$ bei 384. In oben genanntem Beispiel ergibt der berechnete Wert bei 394. Das bedeutet, dass hier von einem echten Trend ausgegangen werden muss. Auch R^2 ist mit knapp 80% sehr hoch, was für einen sehr hohen Erklärungsbeitrag der aufeinanderfolgenden Messzeitpunkte auf die lnP-Werte spricht. Betrachtet man wieder die 5 aufeinanderfolgenden Mittelwerte der lnP-Daten der 8 Probanden, so erhält man:

Schäfer, Standardweiß, lnP, ori:

b:	4.15448	b- a:	↘
sα:	4.15520	b- sα:	↗
sβ:	4.12244	sα- sβ:	↘
sγ:	4.12525	sβ- sγ:	↗
a:	4.11803	sγ- a:	↘

Vergleicht man auch hier wieder die Ergebnisse der t-Tests, so sieht man:

SW_b-SW_sα, t(ori): p = 0.95912

SW_b-SW_sα, t(det): p = 0.44125

gegenläufig, niedrigerer det-Wert

SW_sγ-SW_a, t(ori): p = 0.62907

SW_sγ-SW_a, t(det): p = 0.83595

mitläufig, höherer det-Wert

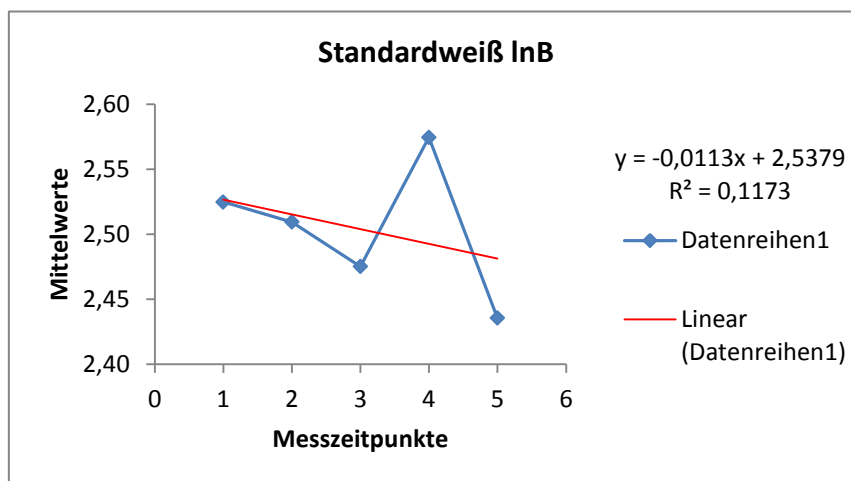


Abb. 7.24: Fallender Trend bei Schäfer SW, Reihenfolgen lnB, ori

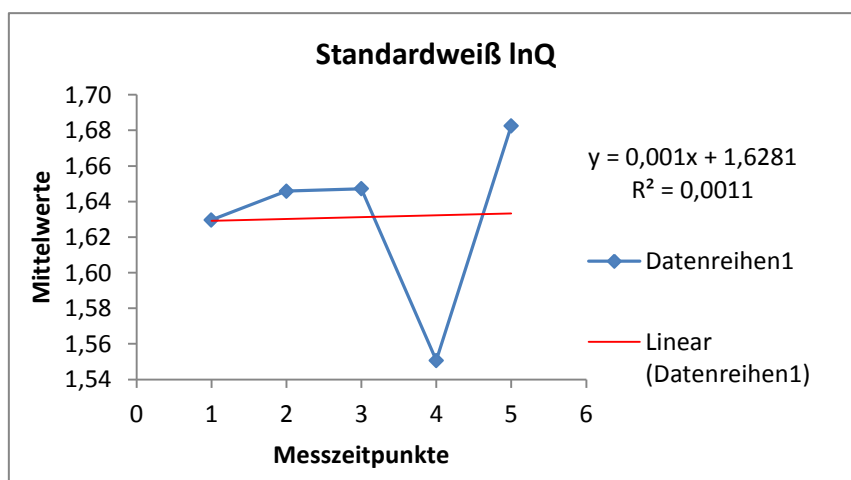


Abb. 7.25: Steigender Trend bei Schäfer SW, Reihenfolgen lnQ, ori

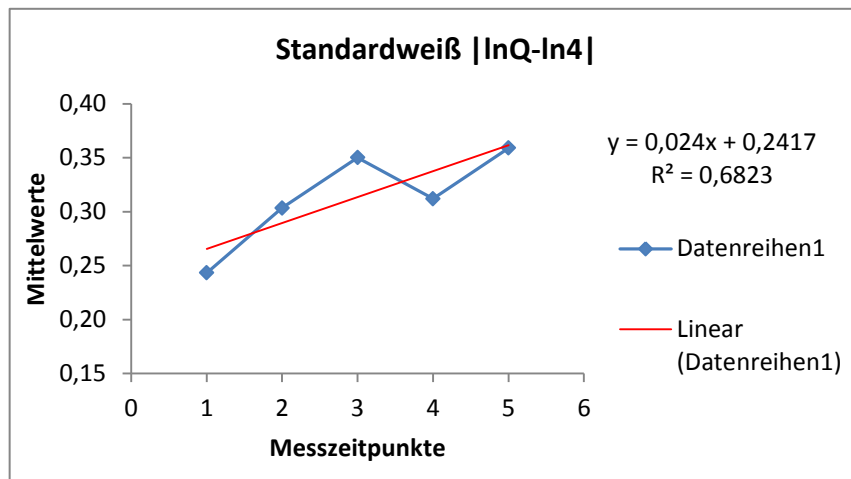


Abb. 7.26: Steigender Trend bei Schäfer SW, Reihenfolgen |lnQ-ln4|, ori

Nun die Diagramme der Reihenfolgen zu den bereits genannten Variablen auch für Schäfers zweite Testreihe mit Tageslichtweiß (DW):

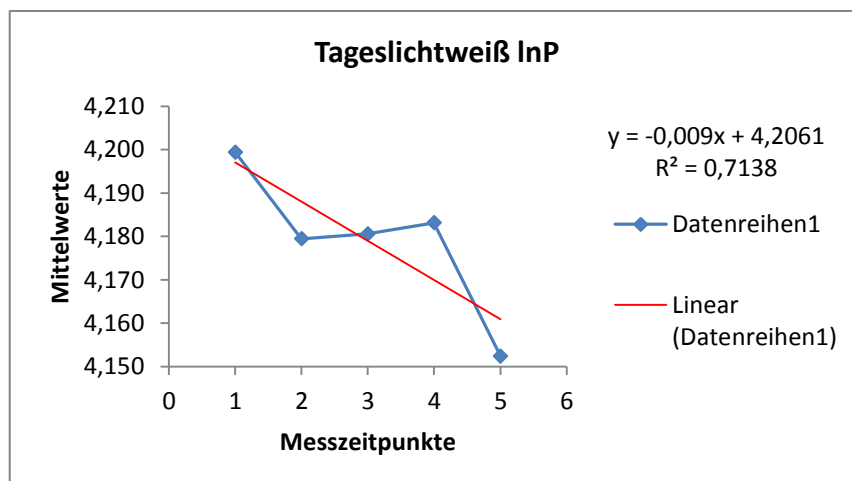


Abb. 7.27: Fallender Trend bei Schäfer DW, Reihenfolgen lnP, ori

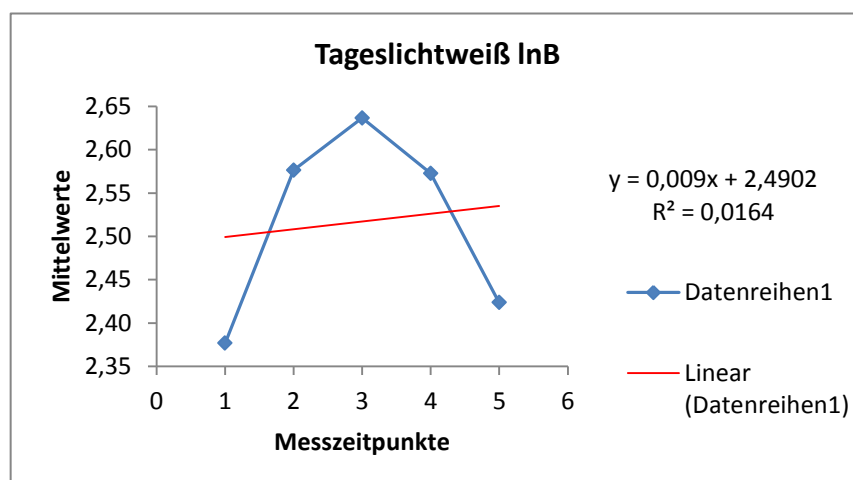


Abb. 7.28: Steigender Trend bei Schäfer DW, Reihenfolgen lnB, ori

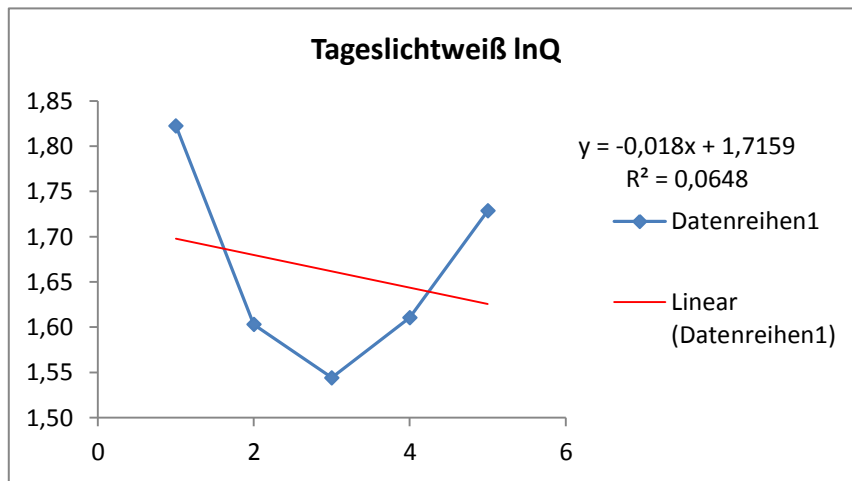


Abb. 7.29: Fallender Trend bei Schäfer DW, Reihenfolgen lnQ, ori

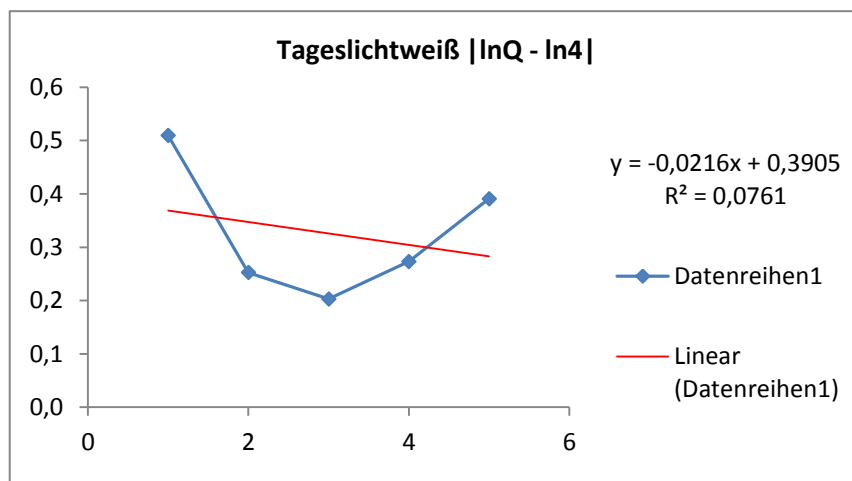
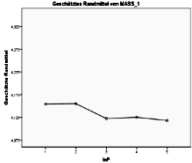
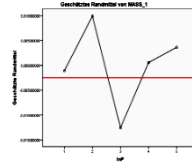
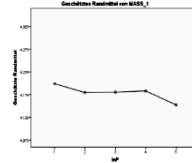
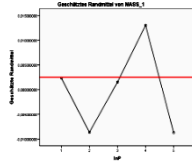
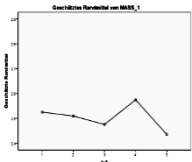
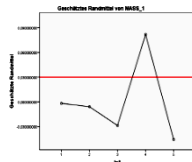
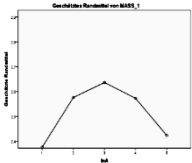
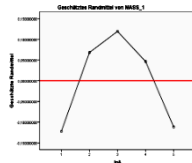


Abb. 7.30: Fallender Trend bei Schäfer DW, Reihenfolgen |lnQ-ln4|, ori

Bei SW fällt besonders bei lnB und lnQ (Abb. 7.24 und 7.25) eine ausgeprägte Zacke bei der dritten Messung innerhalb der Bestrahlungsphase mit weißem Licht auf. Eine mögliche Interpretation wäre, dass es sich dabei um eine Art Ermüdungs- oder Gewöhnungseffekt handelt. Betrachtet man den Zeitplan in Abb. 6.4, so sieht man, dass diese dritte Messung erst nach 17-minütiger Bestrahlung mit weißem Licht erfolgt ist. Der anschließende abrupte Anstieg der Kurve lässt auf eine verstärkte Reaktion gegenüber der nachfolgenden Dunkelphase schließen. Interessant wäre die Fragestellung, was geschehen würde, wäre die Bestrahlungsphase noch länger, z.B. 40 anstatt 30 Minuten. Oder aber ist diese Zacke ein Zeichen dafür, dass die Wirkung des Reizes erst nach einer gewissen Zeit, die länger als 20 Minuten beträgt, eintritt und in das Gegenteil umkippt, sobald sich wieder Dunkelheit einstellt.

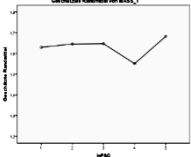
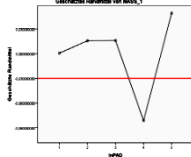
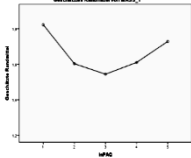
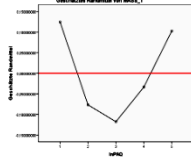
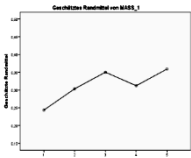
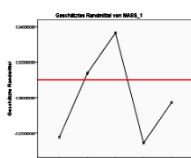
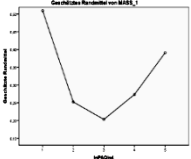
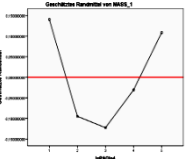
Im Fall von DW entsteht in den Abb. 7.28 - 7.30 eine parabelähnliche Kurve. Die zweite Messung während des Reizes stellt einen Umkehrpunkt da, ab welchem sich die Richtung der Wirkung zu ändern scheint. Möglicherweise handelt es sich auch hierbei um einen Ermüdungseffekt.

Schäfer W.		ori		det	
SW_b	lnP	4.1545		-0.0011	
		SW_sa	4.1552 ↗	0.0099	↗
		SW_sβ	4.1224 ↘	-0.0126	↘
		SW_sγ	4.1253 ↗	0.0006	↗
		SW_a	4.1180 ↘	0.0036	↗
					
DW_b	lnP	4.1994		0.0023	
		DW_sa	4.1795 ↘	-0.0086	↘
		DW_sβ	4.1806 ↗	0.0015	↗
		DW_sγ	4.1831 ↗	0.0130	↗
		DW_a	4.1524 ↘	-0.0087	↘
					
SW_b	lnB	2.5248		-0.0018	
		SW_sa	2.5094 ↘	-0.0059	↘
		SW_sβ	2.4753 ↘	-0.0287	↘
		SW_sγ	2.5745 ↗	0.0818	↗
		SW_a	2.4356 ↘	-0.0458	↘
					
DW_b	lnB	2.3769		-0.1223	
		DW_sa	2.5763 ↗	0.0681	↗
		DW_sβ	2.6365 ↗	0.1193	↗
		DW_sγ	2.5727 ↘	0.0465	↘
		DW_a	2.4237 ↘	-0.1115	↘
					

Tab. 7.14: Schäfer Weißlichter: Mittelwerte *lnP*, *lnB*; *ori*, *det*, *cor*

Schäfer W.		t: ori	t: det		Wil: ori	Wil: det
SW_b-SW_a	lnP	.05340	.77164	lnP	.09289	1
SW_b-SW_sa		.95912	.44125		.77943	.67442
SW_b-SW_sß		.01579	.29532		.01729	.40081
SW_b-SW_sγ		.10947	.91972		.09289	.88864
SW_sa-SW_sß		.01614	.06761		.03569	.06870
SW_sa-SW_sγ		.03955	.45648		.06870	.40081
SW_sa-SW_a		.02649	.65073		.02506	.67442
SW_sß-SW_sγ		.75961	.18154		.67442	.20758
SW_sß-SW_a		.73157	.23152		.48384	.26262
SW_sγ-SW_a		.62907	.83595		.88864	.77943
Rep. meas. (GG)		.01932	.49939	Friedm.	.11171	.64464
DW_b-DW_a	lnP	.05198	.60016	lnP	.06870	.77943
DW_b-DW_sa		.17099	.42966		.16143	.48384
DW_b-DW_sß		.26319	.95910		.20758	1
DW_b-DW_sγ		.43648	.60543		.57540	.67442
DW_sa-DW_sß		.93618	.48863		1	.57540
DW_sa-DW_sγ		.84347	.26501		.88864	.20758
DW_sa-DW_a		.22487	.99746		.16143	.77943
DW_sß-DW_sγ		.82546	.32887		.67442	.32699
DW_sß-DW_a		.18303	.60913		.26262	.48384
DW_sγ-DW_a		.12527	.25809		.16143	.32699
Rep. meas. (GG)		.15416	.64231	Friedm	.37961	.95133
SW_b-SW_a	lnB	.24934	.55506	lnB	.40081	.57540
SW_b-SW_sa		.82628	.95329		1	1
SW_b-SW_sß		.49388	.70638		.26262	.32699
SW_b-SW_sγ		.58452	.36731		.26262	.20758
SW_sa-SW_sß		.57326	.70445		.26262	.26262
SW_sa-SW_sγ		.34548	.21530		.32699	.20758
SW_sa-SW_a		.27935	.54626		.40081	.67442
SW_sß-SW_sγ		.06222	.04293		.09289	.04995
SW_sß-SW_a		.57853	.80932		.88864	1
SW_sγ-SW_a		.06852	.08871		.09289	.12349
Rep. meas. (GG)		.32012	.37383	Friedm.	.26738	.30844
DW_b-DW_a	lnB	.40352	.84344	lnB	.57540	.77943
DW_b-DW_sa		.03463	.04114		.03569	.03569
DW_b-DW_sß		.01948	.02624		.03569	.03569
DW_b-DW_sγ		.01342	.02538		.03569	.03569
DW_sa-DW_sß		.28716	.35992		.20758	.26262
DW_sa-DW_sγ		.94964	.70697		.67442	.88864
DW_sa-DW_a		.02716	.01357		.04995	.01172
DW_sß-DW_sγ		.38991	.33041		.48384	.40081
DW_sß-DW_a		.00800	.00535		.01729	.01172
DW_sγ-DW_a		.03734	.02982		.04995	.02506
DW_b-DW_a		.40352	.84344		.57540	.77943
Rep. meas. (GG)		.00496	.00532	Friedm.	.06365	.00762

Tab. 7.15: Schäfer W.: p-Werte der statistischen Tests; lnP, lnB; ori, det, cor

Schäfer W.		ori			det	
SW_b	$\ln Q$	1.6297			0.0006	
		SW_sa	1.6458	↗	0.0157	↗
		SW_sβ	1.6472	↗	0.0161	↗
		SW_sγ	1.5507	↘	-0.0814	↘
		SW_a	1.6824	↗	0.0493	↗
						
DW_b	$\ln Q$	1.8225			0.1246	
		DW_sa	1.6031	↘	-0.0768	↘
		DW_sβ	1.5441	↘	-0.1178	↘
		DW_sγ	1.6104	↗	-0.0335	↗
		DW_a	1.7287	↗	0.1028	↗
						
SW_b	$ \ln Q - \ln 4 $	0.2434			-0.0223	
		SW_sa	0.3034	↗	0.0137	↗
		SW_sβ	0.3502	↗	0.0365	↗
		SW_sγ	0.3121	↘	-0.0256	↘
		SW_a	0.3590	↗	-0.0027	↗
						
DW_b	$ \ln Q - \ln 4 $	0.5093			0.1404	
		DW_sa	0.2524	↘	-0.0949	↘
		DW_sβ	0.2031	↘	-0.1226	↘
		DW_sγ	0.2734	↗	-0.0307	↗
		DW_a	0.3910	↗	0.1085	↗
						

Tab. 7.16: Schäfer Weißlichter: Mittelwerte $\ln Q$, $|\ln Q - \ln 4|$; ori, det, cor

Schäfer W.		t: ori	t: det		Wil: ori	Wil: det
SW_b-SW_a	lnQ	.54298	.57322	lnQ	.67442	.67442
SW_b-SW_sa		.83028	.84063		.77943	.88864
SW_b-SW_sß		.82123	.84131		.77943	.77943
SW_b-SW_sγ		.43032	.41383		.20758	.20758
SW_sa-SW_sß		.98244	.99520		1	1
SW_sa-SW_sγ		.22093	.21239		.20758	.20758
SW_sa-SW_a		.61477	.64355		.67442	.67442
SW_sß-SW_sγ		.08136	.07887		.09289	.09289
SW_sß-SW_a		.62462	.64407		.67442	.67442
SW_sγ-SW_a		.09489	.09695		.12303	.12303
Rep. meas. (GG)		.44622	.44671	Friedm.	.50893	.50893
DW_b-DW_a	lnQ	.16586	.72959	lnQ	.09097	.88864
DW_b-DW_sa		.02200	.03108		.03569	.03569
DW_b-DW_sß		.02264	.03899		.03569	.03569
DW_b-DW_sγ		.02000	.06055		.03569	.06870
DW_sa-DW_sß		.24324	.40527		.26262	.40081
DW_sa-DW_sγ		.86820	.34002		.88864	.40081
DW_sa-DW_a		.04117	.00909		.06870	.01172
DW_sß-DW_sγ		.30196	.19945		.40081	.20758
DW_sß-DW_a		.01922	.00855		.03569	.02506
DW_sγ-DW_a		.11960	.08045		.12349	.12349
Rep. meas. (GG)		.00878	.01119	Friedm	.11753	.03015
SW_b-SW_a	lnQ -ln4	.13199	.78047	lnQ -ln4	.26262	.67442
SW_b-SW_sa		.26971	.49517		.40081	.88864
SW_b-SW_sß		.09032	.31546		.06870	.48384
SW_b-SW_sγ		.44867	.97031		.48384	.88864
SW_sa-SW_sß		.31492	.61459		.26262	.77943
SW_sa-SW_sγ		.90387	.58690		.88864	.57540
SW_sa-SW_a		.31331	.75808		.26262	.57540
SW_sß-SW_sγ		.45381	.23721		.40081	.26262
SW_sß-SW_a		.89530	.56508		.88864	.77943
SW_sγ-SW_a		.50577	.74181		.48384	.77943
Rep. meas. (GG)		.36050	.75795	Friedm.	.36693	.75414
DW_b-DW_a	lnQ -ln4	.06533	.57431	lnQ -ln4	.04252	.57540
DW_b-DW_sa		.00210	.00337		.01172	.01172
DW_b-DW_sß		.00389	.00837		.01172	.01172
DW_b-DW_sγ		.00116	.00653		.01172	.01729
DW_sa-DW_sß		.30376	.55274		.26262	.57540
DW_sa-DW_sγ		.62944	.16684		.77943	.16143
DW_sa-DW_a		.01593	.00238		.01172	.01172
DW_sß-DW_sγ		.16422	.08178		.16143	.06870
DW_sß-DW_a		.00388	.00125		.01172	.01172
DW_sγ-DW_a		.07120	.04009		.06870	.04995
DW_b-DW_a		.06533	.57431		.04252	.57540
DW_b-DW_sa		.00210	.00337		.01172	.01172
Rep. meas. (GG)		.00025	.00038	Friedm.	.00014	.00017

Tab. 7.17: Schäfer W.: p-Werte der statistischen Tests; lnQ,|lnQ-ln4|; ori, det, cor

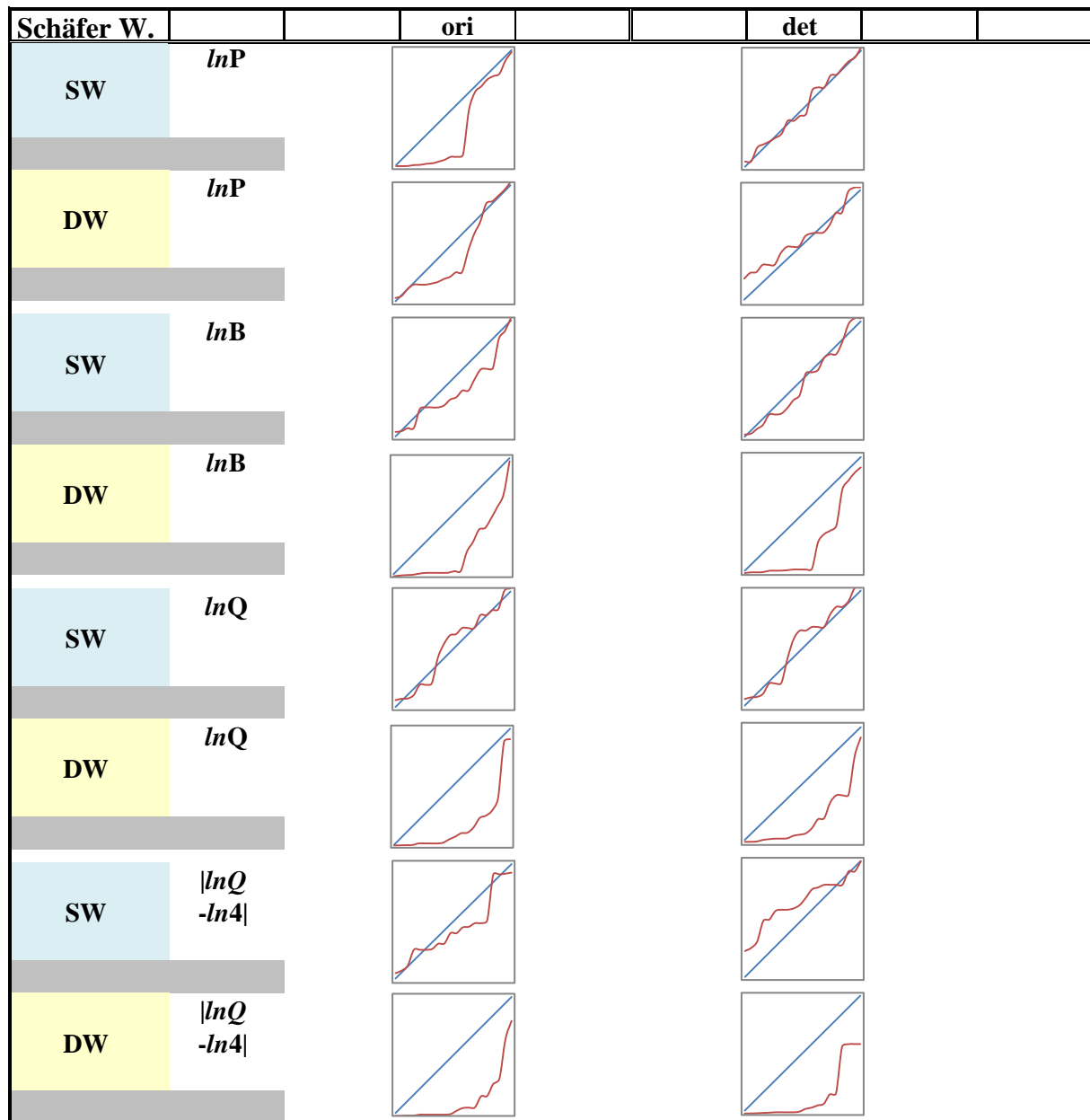


Abb. 7.31: Schäfer W.: Übersicht der Signifikanzdiagramme; 4 Variablen; ori, det

Anhand der kleinen Signifikanzdiagramme der einzelnen Variablen sieht man besonders bei SW schön, dass fast alle Variablen an Signifikanz durch das Trendbereinigen verlieren. Das spiegelt sich auch in Abb. 7.32 wider. SW kann in der Ausprägung am ehesten mit Diepolds fröschen, ori und det verglichen werden.

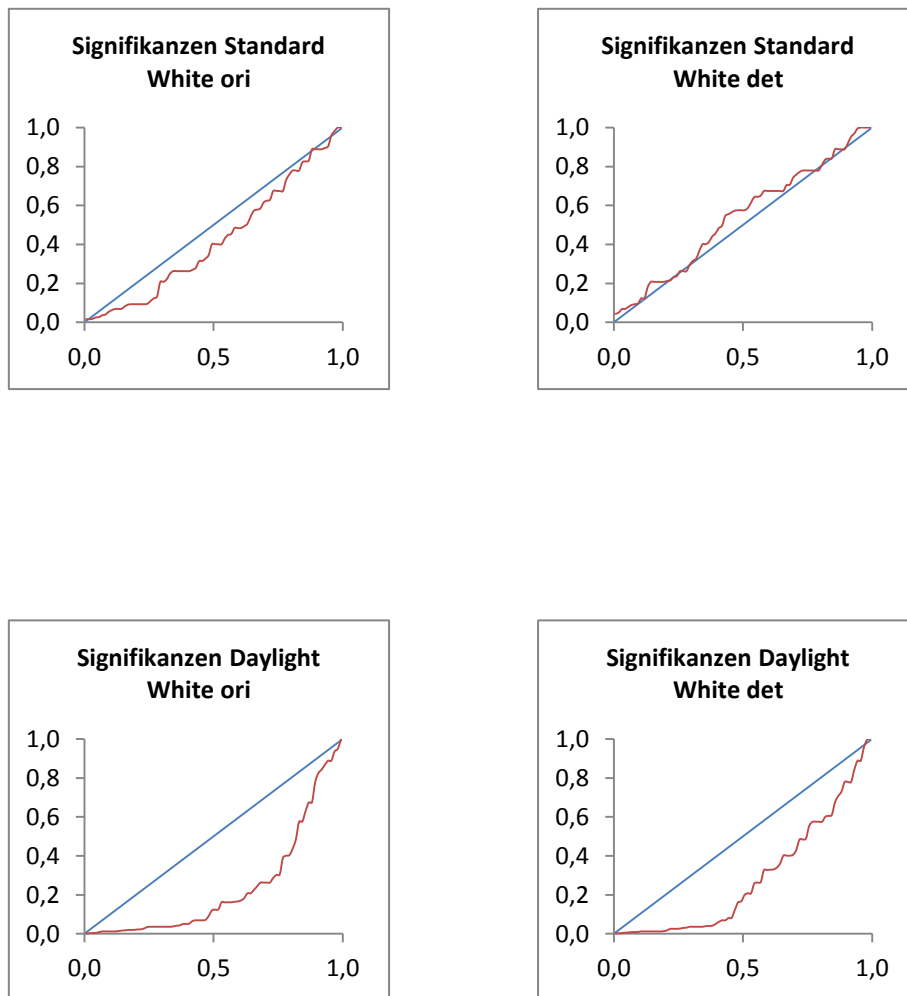


Abb. 7.32: Schäfer W.: Signifikanzen beider Reize der Variablen $\ln P$, $\ln B$, $\ln Q$ und $|\ln Q - \ln 4|$

Was schon die farbig markierten Tabellen mit den Ergebnissen aller durchgeführten Tests eindrucksvoll zeigen, wird durch die Gesamtsignifikanzdiagramme noch untermauert. SW liegt sowohl für ori als auch für det ziemlich in der Nähe der Mediane. ori befindet sich knapp unterhalb während det fast gänzlich oberhalb liegt.

Bei DW sieht die Sachlage dagegen ganz anders aus. Sowohl ori als auch det liegen eindeutig unterhalb der Mediane. Schön erkennbar ist auch der Effekt der Trendbereinigung, durch welche DW ein wenig an Signifikanz verliert. Man kann jedoch davon ausgehen, dass die det Werte die tatsächlichen spezifischen Signifikanzen sind. (siehe Kapitel 7.1) Was die besonders niedrigen Werte betrifft, also p-Werte zwischen 0.01 und 0.001, so ändert die Trendbereinigung hier jedoch nur wenig. Am stärksten ausgeprägt ist dieser Effekt bei den Intervallen vor - nach.

8. Diskussion und Ausblick

8.1 Diskussion und Interpretation

Ein Vergleich zwischen den drei zugrunde liegenden Arbeiten gestaltete sich nicht einfach. Schon allein aufgrund der unterschiedlichen Zeitpläne (s. Abb. 6.1, 6.3 und 6.4) können die einzelnen Messungen nicht direkt miteinander verglichen werden. Schäfer Farbe und Elagöz weisen hier noch die besten Möglichkeiten dazu auf. Einerseits handelt es sich in beiden Fällen um optische Reize mit farbigem Licht, andererseits sind auch die Abfolgen der HRV-Messungen gleich. In beiden Fällen wurde immer gegen Ende der Dunkel- bzw. der Beleuchtungsphase gemessen. Um die Messreihen von Diepold dem anzunähern, betrachtet man zu diesem Zweck am besten die jeweils zweite Messung in der Ruhe- bzw. Reizphase. Dennoch darf man die Tatsache nicht außer Acht lassen, dass die beiden Messungen bei Diepold während einer Reizphase nicht immer in dieselbe Richtung laufen. Das wirft natürlich die Frage nach einem "Warum?" auf. Eine mögliche Interpretation wäre, dass nach der Ruhephase der auftretende Reiz zunächst einmal eine abrupte Veränderung in den HRV-Variablen bewirkt (Anstieg oder Abfall), sich nach ein paar Minuten aber möglicherweise eine Art Gewöhnungseffekt einstellen könnte und die Werte der Variablen wieder in Richtung ihres Ausgangspunkts zurück wandern. Ein ganz ähnliches Bild liefert Schäfers Tageslichtweiß in den B- und Q-Variablen. Das würde jedoch bedeuten, dass in diesen Fällen kaum nachhaltige Wirkungen der Reize vorhanden sind, zumindest was die direkte Auswirkung auf die HRV-Variablen betrifft. Aus therapeutischer Hinsicht spricht jedoch vieles dafür, dass nachhaltige Wirkungen sehr wohl vorhanden sind, wenn auch in den hier untersuchten Variablen nicht direkt messbar.

Betrachtet man die Reihenfolgen aller Reize, so fällt auf, dass nahezu alle Variablen sowohl auf den jeweiligen Reiz als auch auf die darauffolgende Ruhe- oder Dunkelphase reagieren. Das würde bedeuten, dass es möglicherweise sogar egal sein könnte, welche Art von Reiz in diesem Moment stattfindet. Genaugenommen stellt ja eigentlich jede Art der Veränderung einen eigenen Reiz dar, unabhängig davon, ob es sich gerade um Licht, Geräusch, Dunkelheit oder Ruhe handelt.

Eine Beobachtung, die sich durch alle Versuchsreihen zieht, betrifft den Verlauf der Messungen der einzelnen Probanden. (s. Einzeldiagramme in Anhang F) In den NN- bzw. P-Variablen liegen die Messreihen alle ähnlich, wenn auch natürlich nicht parallel. In den B und Q-Variablen zeigen die Versuchspersonen zum Teil komplett unterschiedliche Reaktionen. Diese breite Streuung der Messwerte war auch mit ein Grund für die angestellten Überlegungen hinsichtlich gewichteter Regression (siehe Anhang E).

Auffallend bei durchwegs allen Versuchsreihen ist die Gegenläufigkeit von B und Q - sehr schön zu sehen in den kleinen Bildchen der einzelnen Tabellen wie z.B. in Tab. 7.1. Tatsächlich findet man auch die meisten Signifikanzen in den B- und Q-Variablen.

Die Einführung der Signifikanzdiagramme vereinfacht die Gegenüberstellung der einzelnen Versuchsreihen. Zwar kann man mit dieser Darstellung nicht eruieren, welcher p-Wert

welcher Messung zugeordnet wird, jedoch liefern solche Diagramme anschaulich einen sehr guten Überblick, z.B. über eine bestimmte Variable bei einem bestimmten Reiz. Die p-Werte der übergeordneten Tests von repeated measurements und Friedman werden durch die Grafiken zusätzlich dokumentiert (siehe z.B. Tab. 7.17 und Abb. 7.31.).

Auch innerhalb der Versuchsreihen lassen sich beispielsweise ori und cor sehr gut auf diesem Weg miteinander vergleichen. Anders als erhofft kann, was die drei zugrundeliegenden Arbeiten betrifft, jedoch leider keine einheitliche Aussage gemacht werden, inwieweit sich Artefaktkorrektur jetzt pro oder contra deutlicherer Signifikanzen auswirkt. Bei Elagöz sieht man nach Abb. 7.15 bei keinem der drei Lichtreize eine wesentliche Veränderung. Bei Schäfer Farbe bewirkt die Korrektur Unterschiedliches: Rot verändert sich am wenigsten, Grün wird insgesamt ein wenig signifikanter, Blau hingegen verliert an Signifikanzen (Abb. 7.10). Worauf diese Unterschiede zurückzuführen sind, ist noch unklar. Bei Diepold wird der Reiz Pink Noise durch die Artefaktkorrektur insgesamt schlechter. Frösche und Wasser hingegen sind durch den Korrekturvorgang plötzlich wesentlich signifikanter (Abb. 7.21).

Die Gemeinsamkeiten in den Zeitplänen und die Verwendung von verschiedenen Lichtreizen macht einen Vergleich Schäfer Farbe - Elagöz besonders reizvoll. Wie bereits erwähnt, fiel die Anzahl der signifikanten p-Werte bei Elagöz jedoch im Vergleich zu den Testergebnissen von Schäfer gering aus. Lag das möglicherweise an den unterschiedlichen Probanden, oder waren doch die verschiedenartigen Lichtreize daran schuld? (siehe dazu Kap. 7.4.2)

In Hinblick auf die Trendbereinigung sind die Ergebnisse dahingehend einheitlich, dass Reize bzw. einzelne Abfolgen innerhalb eines Reizes, die dem allgemeinen Trend folgen nach dem Detrenden an Signifikanz verlieren bzw. die p-Werte der statistischen Tests größer werden. Verläuft die Richtung eines Reizes (Intervalls) jedoch gegen den Trend, so werden die p-Werte niedriger und es entstehen möglicherweise sogar neue Signifikanzen. Aus diesem Grund kann auch hier keine weitere allgemeine Aussage über die Auswirkung der Trendbereinigung gemacht werden. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass jene Signifikanzen, die nach der Trendbereinigung bestehen, als tatsächlich reizspezifisch angesehen werden können, nicht trendbereinigte Werte jedoch nur unspezifische Signifikanzen liefern. Die jeweiligen Ergebnisse zu den einzelnen Versuchsreihen sind in den entsprechenden Kapiteln und den dazugehörigen Anhängen dokumentiert.

8.2 Ausblick und Schluss

So bleiben noch viele Fragen offen, die gute Anknüpfungspunkte für weitere Forschungsarbeiten bieten.

Unter anderem fällt bei der Betrachtung der Reihenfolgen aller durchgeführten Versuchsreihen auf, dass es einen etwa linearen Trend in jeder Variablen gibt - ganz egal, ob ein Trendtest das nun statistisch bestätigt oder nicht. Kann es also doch möglich sein, dass der erste Reiz den nachfolgenden zweiten Reiz dahingehend beeinflusst, dass sich dessen Ausgangsniveau verändert? Kann man auch eventuell mittels linearer Regression eine Prognose wagen, wie sich weitere, der Versuchsreihe angefügte Reize entwickeln würden?

Des Weiteren wäre die Durchführung von geschlechtsspezifischen Versuchsreihen interessant, um herauszufinden, ob Männer und Frauen auf den gleichen Reiz in gleicher Art und Weise reagieren.

Welche Rolle spielt die Reizintensitäten bei den Experimenten? Sind signifikantere Testergebnisse möglich, je höher die Messlatte bei den Reizen ist?

Ist ein Stichprobenumfang von 8 bzw. 12 Personen tatsächlich schon aussagekräftig genug und wären nicht Studien und Untersuchungen mit einer größeren Probandenanzahl interessant und vor allem auch sinnvoll?

Ein weiterer möglicher Aspekt wäre auch die Auswirkung der Musiktherapie auf den menschlichen Organismus. Wir wissen, dass Musiktherapie Wirkungen hat [Mose08], [Cysa04], [Tuce12]. Neben der bekannten Musiktherapie gibt es auch noch die etwas weniger bekannte Rhythmustherapie. Die Rhythmustherapeutische Praxis bestätigt, nur um ein Beispiel zu nennen, dass das Betrommeln eines weiblichen Patienten mit einer bestimmten Anzahl von Schlägen pro Minute innerhalb weniger Minuten Krämpfe und Menstruationsbeschwerden beseitigen kann [Sima12]. Auch hier könnten sicher interessante Forschungsreihen zum Thema HRV-Analyse entstehen.

Viele der hier angesprochenen Untersuchungen werden sicher auch in Zukunft komplementärmedizinische Behandlungsmethoden beeinflussen und hoffentlich verbessern.

ANHANG A-D: Auswertung weiterer Puls-Atem - Variablen

Auf den folgenden Seiten befinden sich die Tabellen und Abbildungen jener 9 Variablen, deren Ergebnisse im Hauptteil der Arbeit nicht vorgestellt wurden.

ANHANG A: Schäfer Farblichter









































































Bei Schäfers Farblichtern wurden neben den vier, im Hauptteil der Arbeit vorgestellten Variablen noch weitere untersucht. Die Ergebnisse sind in analoger Art und Weise wie in den Kapiteln 7.3 bis 7.6 dargestellt. Gleiches gilt auch für die Anhänge B, C und D, welche die fehlenden Variablen für Elagöz, Diepold und Schäfers Weißlichter beinhalten.

Auch in den nun folgenden Variablen setzt sich der Trend dahingehend fort, dass signifikante p-Werte entweder bei NN und den P-Variablen oder in den B- und Q-Variablen zu finden sind (Tab. A.2, Tab. A.4 und Tab. A.6). Bei Schäfers Farblichtern gibt es kaum signifikante p-Werte in den oberen Bereichen der einzelnen Tabellen, die mit NN und P in Zusammenhang stehen.

Hinsichtlich der Artefaktkorrektur ergeben sich keine einheitlichen Unterschiede. Generell fallen die Differenzen zwischen ori und cor bei NN, P, $|P-64|$ und $|\ln P - \ln 64|$ geringer aus als bei den daraus berechneten Variablen, welche Q und B beinhalten. Das mag zum einen daran liegen, dass Schäfers Rohdaten möglicherweise schon sehr genau und kaum artefaktbehaftet gewesen sein könnten. Zum anderen setzen sich die Unterschiede in NN - und damit auch in P - erst später bei der direkt daraus berechneten Variable B fort. Q wurde ja, wie bereits erwähnt, durch das HRV-Analyseprogramm bestimmt. Auch durch diese Schätzung könnten hier schon kleine Schwankungen ausschlaggebend für die größeren Unterschiede zwischen ori und cor sein.

Zwischen den 3 verschiedenen Lichtreizen "Rot", "Grün" und "Blau" sind deutliche Unterschiede erkennbar. Während "Blau" bei der Atemfrequenz überhaupt keine signifikanten Änderungen erfährt, findet man bei "Grün" gerade bei dieser Variable hochsignifikante p-Werte. Bei Q ist die Sachlage ähnlich, wenn auch nicht ganz so stark ausgeprägt. Lediglich in den Variablen des Absolutbetrages mit B und Q wird "Blau" hochsignifikant.

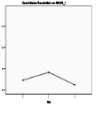
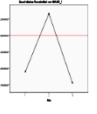
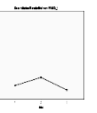
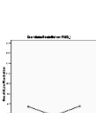
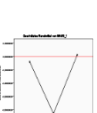

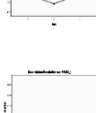
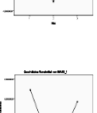
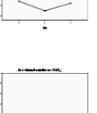
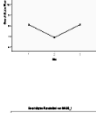
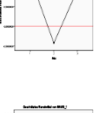
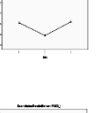
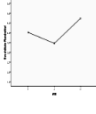
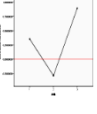

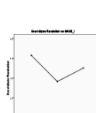
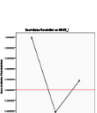
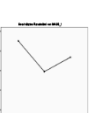
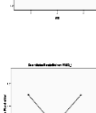
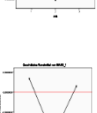

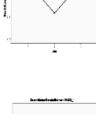
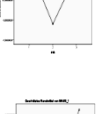

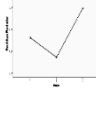
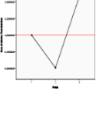
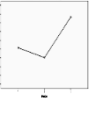
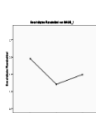
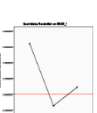

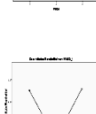
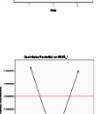
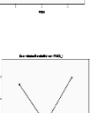
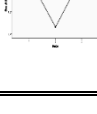
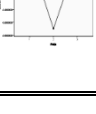

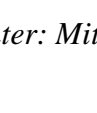
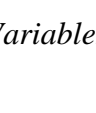
















Die bereits im Hauptteil der Arbeit angesprochene Trendbereinigung führt in jenen Variablen, welche signifikante p-Werte aufweisen, zu nur sehr geringen Veränderungen. Die größten Unterschiede zwischen ori und det liegen in jenen Variablen, welche ohnehin nicht signifikant waren. Anhand des Anstieges der linearen Regressionen in Tab. E.1 sieht man, ob ein steigender (positives k) oder fallender (negatives k) Trend vorliegt. Die Pfeile in den Tabellen Tab. A.1, A.3 und A.5 geben neben den Zahlenwerten auch einen Überblick über das Verhalten der Mittelwerte in auf- oder absteigender Form. Die Diagramme liefern optisch noch eine Ergänzung des Sachverhalts.

Schäfer		ori		det		cor	
Re_b	NN	914.9600		-3.6301		914.8833	
Re_s		923.0317 ↗		0.0262 ↗		923.0667 ↗	
Re_a		940.2583 ↗		12.8375 ↗		939.8250 ↗	
Gr_b	NN	900.1167		-18.4735		899.7333	
Gr_s		901.3575 ↗		-21.6480 ↗		901.0500 ↗	
Gr_a		919.2025 ↗		-8.2183 ↗		918.4000 ↗	
Bl_b	NN	931.3708		24.3874		930.7750	
Bl_s		945.3842 ↗		22.3787 ↘		945.2917 ↗	
Bl_a		924.1483 ↘		-3.2725 ↘		923.4333 ↘	
Re_b	P	66.5629		-0.0340		66.5673	
Re_s		66.4872 ↘		0.1865 ↗		66.4881 ↘	
Re_a		64.9145 ↘		-1.0902 ↘		64.9452 ↘	
Gr_b	P	67.7578		1.1609		67.7799	
Gr_s		67.5778 ↘		1.2770 ↗		67.5983 ↘	
Gr_a		66.5671 ↘		0.5625 ↘		66.6176 ↘	
Bl_b	P	65.8844		-1.2875		65.9268	
Bl_s		64.6632 ↘		-1.6376 ↘		64.6699 ↘	
Bl_a		66.3333 ↗		0.3286 ↗		66.4035 ↗	
Re_b	B	13.2316		-0.2311		13.1772	
Re_s		14.8795 ↗		1.1794 ↗		14.2190 ↗	
Re_a		12.7373 ↘		-0.8207 ↘		12.4449 ↘	
Gr_b	B	11.9252		-1.5376		11.5593	
Gr_s		14.2641 ↗		0.7537 ↗		14.2399 ↗	
Gr_a		13.0701 ↘		-0.4880 ↘		12.9932 ↘	
Bl_b	B	12.9775		-0.4852		12.8396	
Bl_s		13.8914 ↗		0.3811 ↗		12.9514 ↗	
Bl_a		12.6527 ↘		-0.9054 ↘		12.3795 ↘	
Re_b	Q	5.4533		0.1429		5.4775	
Re_s		4.7325 ↘		-0.5581 ↘		4.9458 ↘	
Re_a		5.7183 ↗		0.4476 ↗		5.8458 ↗	
Gr_b	Q	6.0083		0.6979		6.2467	
Gr_s		5.0642 ↘		-0.2264 ↘		5.1042 ↘	
Gr_a		5.4192 ↗		0.1485 ↗		5.5167 ↗	
Bl_b	Q	5.5525		0.2420		5.6350	
Bl_s		4.7975 ↘		-0.4931 ↘		5.0958 ↘	
Bl_a		5.6950 ↗		0.4243 ↗		5.8950 ↗	

Tab. A.1: Schäfer Farblichter: Mittelwerte der 4 Variablen; ori, det, cor

Schäfer		t: ori	t: det	t: cor		Wil: ori	Wil: det	Wil: cor
Re_b - Re_a	NN	.08391	.24186	.09059	NN	.20943	.48018	.15486
Re_b - Re_s		.67126	.84703	.66774		.81395	.93747	.81395
Re_s - Re_a		.27889	.41500	.29354		.20943	.34652	.20943
Rep. meas. (GG)		.28238	.53641	.29567	Friedm.	.71653	.71653	.63967
Gr_b - Gr_a	NN	.35867	.61693	.36365	NN	.38819	.69489	.38819
Gr_b - Gr_s		.94044	.84851	.93646		.63787	.69489	.63787
Gr_s - Gr_a		.20766	.33534	.21885		.20943	.48018	.20943
Rep. meas. (GG)		.43638	.66785	.44793	Friedm.	.47237	.55804	.47237
Bl_b - Bl_a	NN	.60015	.18481	.60148	NN	.34652	.13610	.38819
Bl_b - Bl_s		.34939	.91895	.32876		.34652	1	.23932
Bl_s - Bl_a		.09600	.05019	.10045		.08438	.04139	.08426
Rep. meas. (GG)		.28155	.22988	.27193	Friedm.	.07552	.04581	.04979
Re_b - Re_a	P	.10482	.28148	.11390	P	.20943	.48018	.15486
Re_b - Re_s		.95025	.85584	.94821		.87533	1	.87533
Re_s - Re_a		.12817	.20871	.13513		.11666	.20943	.11666
Rep. meas. (GG)		.22168	.42204	.23579	Friedm.	.71653	.71653	.63967
Gr_b - Gr_a	P	.38061	.65509	.38931	P	.48018	.69489	.43277
Gr_b - Gr_s		.87319	.91805	.87145		.75368	.87533	.75368
Gr_s - Gr_a		.28565	.44429	.30086		.27210	.53028	.27210
Rep. meas. (GG)		.50379	.75721	.51829	Friedm.	.47237	.55804	.47237
Bl_b - Bl_a	P	.69630	.25123	.68362	P	.23932	.08438	.27210
Bl_b - Bl_s		.35909	.81321	.34131		.23932	.75368	.18234
Bl_s - Bl_a		.07769	.04273	.08043		.13610	.04986	.13610
Rep. meas. (GG)		.30629	.26175	.29190	Friedm.	.07552	.04581	.04979
Re_b - Re_a	B	.66399	.60503	.50589	B	.75368	.63787	.75368
Re_b - Re_s		.00180	.00622	.17795		.00765	.01206	.07119
Re_s - Re_a		.08739	.11644	.02223		.03417	.07119	.02291
Rep. meas. (GG)		.11354	.15274	.14569	Friedm.	.01685	.03877	.04581
Gr_b - Gr_a	B	.14019	.17294	.07945	B	.15794	.18234	.08438
Gr_b - Gr_s		.01242	.01385	.00410		.01206	.01206	.00474
Gr_s - Gr_a		.01171	.00944	.01250		.01502	.01206	.02806
Rep. meas. (GG)		.01556	.01746	.00531	Friedm.	.01312	.01312	.00228
Bl_b - Bl_a	B	.62401	.52766	.46142	B	.69489	.53028	.58292
Bl_b - Bl_s		.45625	.47949	.92696		.38819	.43277	.53028
Bl_s - Bl_a		.26225	.24539	.64649		.20943	.20943	.58292
Rep. meas. (GG)		.41317	.40088	.76610	Friedm.	.36788	.33847	.55804
Re_b - Re_a	Q	.60818	.55624	.49526	Q	.87528	.81388	.81388
Re_b - Re_s		.02819	.03190	.19778		.02806	.02806	.11666
Re_s - Re_a		.05310	.04920	.01887		.04986	.04986	.02291
Rep. meas. (GG)		.09480	.09104	.13830	Friedm.	.17377	.17377	.20529
Gr_b - Gr_a	Q	.14246	.16874	.07189	Q	.27210	.27210	.07119
Gr_b - Gr_s		.02416	.02664	.00752		.02291	.02291	.00604
Gr_s - Gr_a		.06269	.05126	.03148		.03410	.03410	.03410
Rep. meas. (GG)		.04097	.04604	.01289	Friedm.	.10540	.10540	.00865
Bl_b - Bl_a	Q	.68234	.60155	.39255	Q	.58292	.53028	.34634
Bl_b - Bl_s		.11248	.12119	.27492		.08438	.09948	.23932
Bl_s - Bl_a		.04448	.04072	.14937		.05974	.05974	.20943
Rep. meas. (GG)		.07483	.07255	.20735	Friedm.	.20529	.20529	.36788

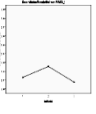
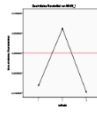
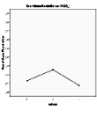
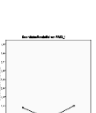
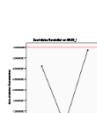
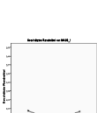
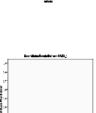
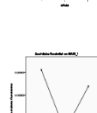
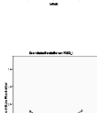
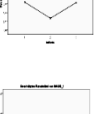
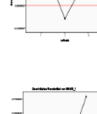
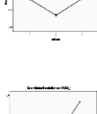
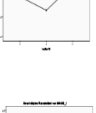
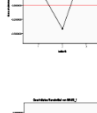
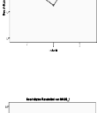
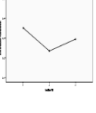
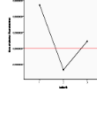
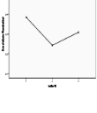
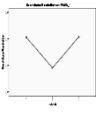
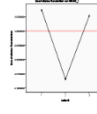
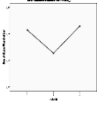
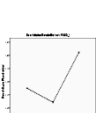
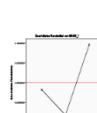
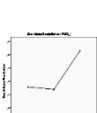
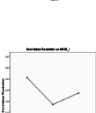
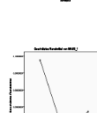
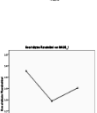
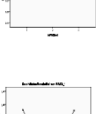
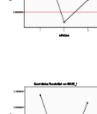
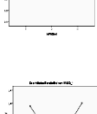

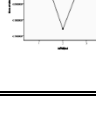
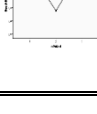
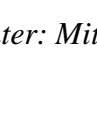
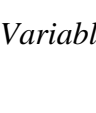
















Tab. A.2: Schäfer F.: p-Werte der statistischen Tests; 4 Variablen; ori, det, cor

Schäfer		ori		det		cor	
Re_b	P-64	7.4030		-0.5487		7.3952	
Re_s		8.1457 ↗		0.3296 ↗		8.1549 ↗	
Re_a		6.9623 ↘		-0.7183 ↘		6.9709 ↘	
Gr_b	P-64	7.8727		-0.0790		7.8622	
Gr_s		6.9572 ↘		-0.8589 ↘		6.9603 ↘	
Gr_a		7.7051 ↗		0.0246 ↗		7.6851 ↗	
Bl_b	P-64	8.6041		1.2274		8.5983	
Bl_s		7.3953 ↘		-0.4208 ↘		7.3912 ↘	
Bl_a		8.6079 ↗		0.9274 ↗		8.6826 ↗	
Re_b	B-16	4.0161		0.3547		4.0073	
Re_s		3.4622 ↘		-0.2884 ↘		3.2442 ↘	
Re_a		4.7334 ↗		0.8937 ↗		4.8741 ↗	
Gr_b	B-16	4.6487		0.9873		5.0146	
Gr_s		3.3273 ↘		-0.4233 ↘		3.4483 ↘	
Gr_a		4.0120 ↗		0.1723 ↗		4.1827 ↗	
Bl_b	B-16	4.0006		0.3392		4.0780	
Bl_s		2.6535 ↘		-1.0971 ↘		3.0761 ↘	
Bl_a		3.9881 ↗		0.1484 ↗		4.1983 ↗	
Re_b	Q-4	1.5083		-0.0017		1.5275	
Re_s		1.0625 ↘		-0.4933 ↘		1.3058 ↘	
Re_a		2.1783 ↗		0.5767 ↗		2.2308 ↗	
Gr_b	Q-4	2.1517		0.6417		2.3433	
Gr_s		1.4092 ↘		-0.1450 ↘		1.4625 ↘	
Gr_a		1.6925 ↗		0.0908 ↗		1.8067 ↗	
Bl_b	Q-4	1.9558		0.4458		2.0250	
Bl_s		0.8575 ↘		-0.6983 ↘		1.1442 ↘	
Bl_a		1.9900 ↗		0.3883 ↗		2.1800 ↗	

Tab. A.3: Schäfer Farblichter: Mittelwerte der 3 Variablen; ori, det, cor

Schäfer		t: ori	t: det	t: cor		Wil: ori	Wil: det	Wil: cor
Re_b - Re_a	P-64	.59506	.83704	.61302	P-64	.53028	.87533	.53369
Re_b - Re_s		.53277	.46234	.52583		.81395	.75368	.81395
Re_s - Re_a		.18780	.23952	.18574		.08438	.09948	.08438
Rep. meas. (GG)		.44100	.47814	.44181	Friedm.	.17377	.17377	.21157
Gr_b - Gr_a	P-64	.88687	.92988	.87946	P-64	.87533	.93747	.81395
Gr_b - Gr_s		.33539	.40910	.34007		.38819	.38819	.38819
Gr_s - Gr_a		.32973	.25361	.34652		.38819	.38819	.38819
Rep. meas. (GG)		.55674	.56173	.56669	Friedm.	.55804	.55804	.55804
Bl_b - Bl_a	P-64	.99739	.82924	.94277	P-64	.48018	.53028	.48018
Bl_b - Bl_s		.36423	.25000	.36162		.27210	.20943	.30782
Bl_s - Bl_a		.21688	.17319	.20810		.27210	.27210	.27210
Rep. meas. (GG)		.45811	.36829	.44817	Friedm.	.55804	.55804	.71653
Re_b - Re_a	B-16	.27960	.41100	.24539	B-16	.15794	.27210	.15794
Re_b - Re_s		.37529	.30636	.21390		.30782	.23932	.15794
Re_s - Re_a		.05032	.06573	.03611		.07119	.07119	.05974
Rep. meas. (GG)		.15794	.17024	.07013	Friedm.	.47237	.33847	.47237
Gr_b - Gr_a	B-16	.13908	.06597	.05894	B-16	.15794	.08438	.05974
Gr_b - Gr_s		.03716	.02799	.02600		.03417	.02291	.02291
Gr_s - Gr_a		.11130	.16024	.10741		.13610	.15794	.07119
Rep. meas. (GG)		.03960	.02737	.02449	Friedm.	.04979	.04979	.00865
Bl_b - Bl_a	B-16	.98387	.75823	.83502	B-16	.63787	.53028	.81395
Bl_b - Bl_s		.07143	.05689	.30422		.04139	.04139	.13610
Bl_s - Bl_a		.08557	.10570	.28638		.09948	.11666	.30782
Rep. meas. (GG)		.08991	.08706	.35459	Friedm.	.03877	.03877	.17377
Re_b - Re_a	Q-4	.14370	.20136	.15702	Q-4	.09948	.18234	.11666
Re_b - Re_s		.20320	.16378	.59416		.28940	.27210	.66602
Re_s - Re_a		.02343	.02840	.01418		.01206	.01502	.01206
Rep. meas. (GG)		.03686	.04742	.08499	Friedm.	.07552	.17377	.09697
Gr_b - Gr_a	Q-4	.23065	.15615	.16878	Q-4	.38819	.20943	.15794
Gr_b - Gr_s		.06068	.04860	.03433		.05974	.04986	.04139
Gr_s - Gr_a		.12753	.19666	.06603		.08426	.09935	.07744
Rep. meas. (GG)		.09853	.07472	.05454	Friedm.	.20529	.07552	.12451
Bl_b - Bl_a	Q-4	.92186	.86893	.61274	Q-4	.81395	.69489	.87528
Bl_b - Bl_s		.00701	.00549	.02341		.00222	.00222	.01502
Bl_s - Bl_a		.00317	.00413	.02814		.00474	.00474	.04139
Rep. meas. (GG)		.00288	.00286	.02027	Friedm.	.00178	.00178	.09697

Tab. A.4: Schäfer F.: p-Werte der statistischen Tests; 3 Variablen; ori, det, cor

Schäfer		ori		det		cor	
Re_b	lnP	0.1132		-0.0081		0.1130	
Re_s	-ln64/	0.1255 ↗		0.0061 ↗		0.1256 ↗	
Re_a		0.1078 ↘		-0.0097 ↘		0.1078 ↘	
Gr_b	lnP	0.1177		-0.0036		0.1174	
Gr_s	-ln64/	0.1049 ↘		-0.0145 ↘		0.1049 ↘	
Gr_a		0.1170 ↗		-0.0005 ↗		0.1165 ↗	
Bl_b	lnP	0.1318		0.0212		0.1317	
Bl_s	-ln64/	0.1136 ↘		-0.0058 ↘		0.1135 ↘	
Bl_a		0.1314 ↗		0.0138 ↗		0.1324 ↗	
Re_b	lnB	0.3012		0.0318		0.3018	
Re_s	-ln16/	0.2333 ↘		-0.0419 ↘		0.2247 ↘	
Re_a		0.3601 ↗		0.0790 ↗		0.3746 ↗	
Gr_b	lnB	0.3510		0.0815		0.3844	
Gr_s	-ln16/	0.2351 ↘		-0.0402 ↘		0.2433 ↘	
Gr_a		0.2945 ↗		0.0134 ↗		0.3092 ↗	
Bl_b	lnB	0.3059		0.0365		0.3145	
Bl_s	-ln16/	0.1908 ↘		-0.0845 ↘		0.2273 ↘	
Bl_a		0.3076 ↗		0.0265 ↗		0.3292 ↗	
Re_b	lnQ	0.2752		-0.0178		0.2780	
Re_s	-ln4/	0.2218 ↘		-0.0822 ↘		0.2691 ↘	
Re_a		0.4112 ↗		0.0962 ↗		0.4141 ↗	
Gr_b	lnQ	0.4056		0.1126		0.4274	
Gr_s	-ln4/	0.2857 ↘		-0.0183 ↘		0.2941 ↘	
Gr_a		0.3366 ↗		0.0216 ↗		0.3520 ↗	
Bl_b	lnQ	0.3810		0.0880		0.3898	
Bl_s	-ln4/	0.1758 ↘		-0.1282 ↘		0.2390 ↘	
Bl_a		0.3785 ↗		0.0635 ↗		0.4015 ↗	

Tab. A.5: Schäfer Farblichter: Mittelwerte der 3 Variablen; ori, det, cor

Schäfer		t: ori	t: det	t: cor		Wil: ori	Wil:	Wil: cor
Re_b - Re_a	lnP -ln64/	.67475	.89692	.68662	lnP -ln64/	.58292	.87533	.65664
Re_b - Re_s		.51067	.45044	.50388		.75368	.58292	.75368
Re_s - Re_a		.20847	.25696	.20570		.08438	.09948	.08438
Rep. meas. (GG)		.45936	.48404	.45699	Friedm.	.17377	.26360	.21157
Gr_b - Gr_a	lnP -ln64/	.96988	.87108	.95926	lnP -ln64/	.87533	1	.87533
Gr_b - Gr_s		.38542	.45618	.39193		.30782	.38819	.30782
Gr_s - Gr_a		.31262	.24754	.33181		.38819	.38819	.43277
Rep. meas. (GG)		.58645	.57584	.59937	Friedm.	.55804	.55804	.55804
Bl_b - Bl_a	lnP -ln64/	.97580	.73170	.96371	lnP -ln64/	.69489	.69489	.69489
Bl_b - Bl_s		.30862	.18938	.30867		.27210	.18234	.30782
Bl_s - Bl_a		.22004	.17870	.21121		.30782	.23932	.30782
Rep. meas. (GG)		.41769	.32155	.41045	Friedm.	.55804	.55804	.71653
Re_b - Re_a	lnB -ln16/	.31133	.41273	.25858	lnB -ln16/	.30782	.38819	.23932
Re_b - Re_s		.17057	.13967	.12349		.20943	.18234	.11666
Re_s - Re_a		.02940	.03605	.02147		.04986	.04986	.04986
Rep. meas. (GG)		.06790	.08141	.04490	Friedm.	.47237	.33847	.47237
Gr_b - Gr_a	lnB -ln16/	.16658	.10148	.07340	lnB -ln16/	.15794	.13610	.07119
Gr_b - Gr_s		.03862	.03134	.01951		.03417	.01502	.01502
Gr_s - Gr_a		.09194	.12407	.05786		.11666	.13610	.08438
Rep. meas. (GG)		.04256	.03268	.01791	Friedm.	.04979	.04979	.00865
Bl_b - Bl_a	lnB -ln16/	.97444	.85262	.75897	lnB -ln16/	.75368	.63787	.87533
Bl_b - Bl_s		.05724	.04746	.27683		.02806	.02806	.09948
Bl_s - Bl_a		.06091	.07285	.23548		.08438	.08438	.27210
Rep. meas. (GG)		.06781	.06695	.30150	Friedm.	.03877	.03877	.17377
Re_b - Re_a	lnQ -ln4/	.06751	.11732	.08584	lnQ -ln4/	.02291	.07119	.05974
Re_b - Re_s		.35841	.27205	.90067		.38819	.30782	.87533
Re_s - Re_a		.02043	.02706	.01418		.01206	.01502	.01206
Rep. meas. (GG)		.02452	.03853	.07173	Friedm.	.03877	.09697	.09697
Gr_b - Gr_a	lnQ -ln4/	.26577	.15016	.24512	lnQ -ln4/	.38819	.23932	.18234
Gr_b - Gr_s		.06563	.04737	.04899		.08438	.04986	.05974
Gr_s - Gr_a		.08535	.16652	.04841		.07119	.15794	.07119
Rep. meas. (GG)		.10513	.07084	.08213	Friedm.	.20529	.07552	.12451
Bl_b - Bl_a	lnQ -ln4/	.96002	.61840	.80083	lnQ -ln4/	.87533	.69489	.87533
Bl_b - Bl_s		.00170	.00117	.00767		.00222	.00222	.00765
Bl_s - Bl_a		.00117	.00174	.02097		.00474	.00765	.02291
Rep. meas. (GG)		.00031	.00029	.01019	Friedm.	.00178	.00178	.04581

Tab. A.6: Schäfer F.: p-Werte der statistischen Tests; 3 Variablen; ori, det, cor

ANHANG B: Elagöz

Auf den ersten Blick erkennt man anhand der Farben in den Tabellen B.2, B.4 und B.6, dass in dieser vorliegenden Versuchsreihe generell nur recht wenige Signifikanzen auftreten.

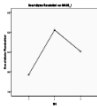
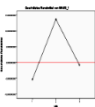
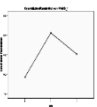
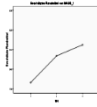
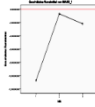
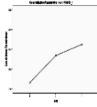
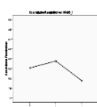
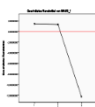
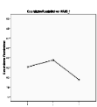
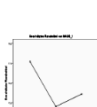
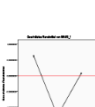
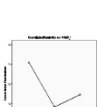
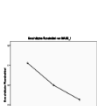
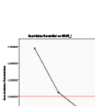
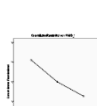
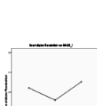
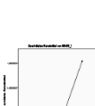
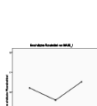
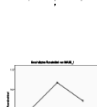
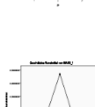
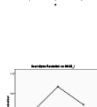
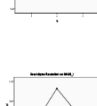
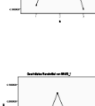
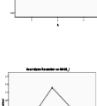
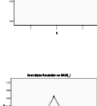
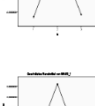
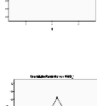
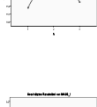
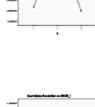
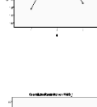
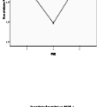
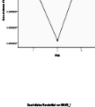

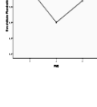
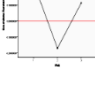
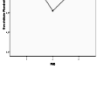
"Chaos" zeigt zumindest in den Variablen mit NN und P signifikante Werte im Intervall vorwährend des Reizes. "Konstant" hingegen ist dafür in den B- und Q-Variablen teilweise signifikant. P2 schneidet am schlechtesten ab und die p-Werte aller statistischen Test liegen nur in ganz wenigen Ausnahmefällen unterhalb von 0,05.

Wie bereits im Hauptteil dieser Arbeit erwähnt, scheint konstantes Licht einen nachhaltigeren Einfluss zu haben als die anderen beiden Lichtreize. Betrachtet man die Pfeile in den Tabellen B.1, B.3 und B.5, so sieht man deutlich, dass bei NN und in den P-Variablen immer beide Pfeile in dieselbe Richtung zeigen. Auch die beigefügten Diagramme bestätigen dieses Verhalten. Diese Tatsache gilt allerdings nur für ori und cor, nicht jedoch für det.

Außer bei "P2", |B-16| und |lnB-ln16|, wirkt sich die Trendbereinigung in allen anderen Variablen und Reizen verschlechternd aus, d.h. dass keine neuen Signifikanzen errechnet werden konnten.

Hinsichtlich der Artefaktkorrektur fällt auf, dass sich die p-Werte zwischen ori und cor gar nicht oder nur minimal ändern. Anhand des Farbschemas der Tabellen B.2, B.4 und B.6 erkennt man eindeutig, dass die "gefärbten" p-Werte in den Spalten t:ori und t:cor symmetrisch bezüglich der Spalte t:det angeordnet sind.

Fazit: Artefaktkorrektur ändert bei Elagöz nichts und Trendbereinigung verschlechtert die Signifikanzen im Allgemeinen.

Elagöz		ori			det			cor	
Ch_b	NN	798.5583			-5.3388			798.5583	
Ch_s		821.1500	↗		13.6472	↗		821.1500	↗
Ch_a		810.3417	↘		-0.7668	↘		810.3417	↘
Co_b	NN	793.1833			-10.7138			793.1833	
Co_s		806.8083	↗		-0.6945	↗		806.8083	↗
Co_a		812.4500	↗		-2.1909	↘		812.4500	↗
P2_b	NN	805.3583			1.4612			805.3583	
P2_s		808.8417	↗		1.3389	↘		808.8417	↗
P2_a		798.8583	↘		-12.2502	↘		798.8583	↘
Ch_b	P	77.0871			0.6216			77.0871	
Ch_s		74.8147	↘		-1.2630	↘		74.8147	↘
Ch_a		75.4475	↗		0.0723	↗		75.4475	↗
Co_b	P	77.1124			0.7223			77.1124	
Co_s		75.9970	↘		0.0592	↘		75.9970	↘
Co_a		75.2643	↘		-0.2212	↘		75.2643	↘
P2_b	P	76.2092			-0.1809			76.2092	
P2_s		75.5938	↘		-0.3440	↘		75.5938	↘
P2_a		76.5201	↗		1.0346	↗		76.5201	↗
Ch_b	B	16.0187			-0.0710			16.0021	
Ch_s		16.6679	↗		0.4703	↗		16.6468	↗
Ch_a		16.2067	↘		-0.0988	↘		16.1995	↘
Co_b	B	15.7656			-0.3241			15.7529	
Co_s		16.8185	↗		0.6209	↗		16.7187	↗
Co_a		16.0165	↘		-0.2890	↘		16.0137	↘
P2_b	B	15.3569			-0.7328			15.3448	
P2_s		16.6409	↗		0.4433	↗		16.6462	↗
P2_a		15.4983	↘		-0.8072	↘		15.4795	↘
Ch_b	Q	4.9450			-0.0335			4.9492	
Ch_s		4.5883	↘		-0.3829	↘		4.5950	↘
Ch_a		5.0100	↗		0.0461	↗		5.0167	↗
Co_b	Q	5.2158			0.2373			5.2200	
Co_s		4.8008	↘		-0.1704	↘		4.8175	↘
Co_a		5.0775	↗		0.1136	↗		5.0783	↗
P2_b	Q	5.2292			0.2507			5.2367	
P2_s		4.8817	↘		-0.0895	↘		4.8850	↘
P2_a		5.1875	↗		0.2236	↗		5.1917	↗

Tab. B.1: Elagöz: Mittelwerte der 4 Variablen; ori, det, cor

Elagöz		t: ori	t: det	t: cor		Wil: ori	Wil: det	Wil: cor
Ch_b - Ch_a	NN	.14339	.55337	.14339	NN	.13610	.69489	.13610
Ch_b - Ch_s		.01275	.02973	.01275		.02291	.03417	.02291
Ch_s - Ch_a		.21922	.11016	.21922		.20943	.09948	.20943
Rep. meas. (GG)		.02943	.06015	.02943	Friedm.	.07552	.20529	.07552
Co_b - Co_a	NN	.03787	.33139	.03787	NN	.03417	.34652	.03417
Co_b - Co_s		.12121	.24256	.12121		.14655	.34652	.14655
Co_s - Co_a		.42101	.79527	.42101		.69489	.28450	.69489
Rep. meas. (GG)		.05880	.35999	.05880	Friedm.	.07552	.19163	.07552
P2_b - P2_a	NN	.49121	.16119	.49121	NN	.72211	.18234	.72211
P2_b - P2_s		.54094	.98271	.54094		.53013	.93745	.53013
P2_s - P2_a		.27349	.14496	.27349		.43277	.15794	.43277
Rep. meas. (GG)		.43152	.17432	.43152	Friedm.	.97895	.36788	.97895
Ch_b - Ch_a	P	.17511	.63868	.17511	P	.11666	.75368	.11666
Ch_b - Ch_s		.03221	.06219	.03221		.01502	.05974	.01502
Ch_s - Ch_a		.39445	.05661	.39445		.34652	.07119	.34652
Rep. meas. (GG)		.07877	.14801	.07877	Friedm.	.07552	.12451	.07552
Co_b - Co_a	P	.02705	.21975	.02705	P	.03417	.15794	.03417
Co_b - Co_s		.10586	.31745	.10586		.11666	.34652	.11666
Co_s - Co_a		.28221	.67356	.28221		.38819	.53028	.38819
Rep. meas. (GG)		.03815	.36674	.03815	Friedm.	.07552	.17377	.07552
P2_b - P2_a	P	.66405	.10885	.66405	P	.65664	.13610	.65664
P2_b - P2_s		.33503	.79429	.33503		.48018	1	.48018
P2_s - P2_a		.20186	.06840	.20186		.34652	.11666	.34652
Rep. meas. (GG)		.38004	.10075	.38004	Friedm.	.97895	.33847	.97895
Ch_b - Ch_a	B	.80455	.97083	.79719	B	.63787	.81395	.63787
Ch_b - Ch_s		.32240	.40609	.31984		.43277	.43277	.43277
Ch_s - Ch_a		.48572	.39243	.49119		.69489	.43277	.69489
Rep. meas. (GG)		.60748	.63015	.60833	Friedm.	.71653	.71653	.71653
Co_b - Co_a	B	.72309	.96035	.71297	B	.75368	.63787	.69489
Co_b - Co_s		.04627	.06899	.06882		.02806	.04139	.07119
Co_s - Co_a		.26955	.21392	.36663		.20943	.18234	.27210
Rep. meas. (GG)		.23838	.25385	.31998	Friedm.	.55804	.26360	.71653
P2_b - P2_a	B	.61303	.78929	.64469	B	.58292	.69489	.58292
P2_b - P2_s		.13265	.16496	.12924		.05974	.11666	.05974
P2_s - P2_a		.20869	.17182	.20357		.34652	.20943	.30782
Rep. meas. (GG)		.17346	.17502	.16978	Friedm.	.26360	.36788	.33847
Ch_b - Ch_a	Q	.78300	.73614	.77833	Q	.93747	.93747	.96870
Ch_b - Ch_s		.14057	.14808	.13569		.11652	.11652	.11638
Ch_s - Ch_a		.17406	.16733	.17406		.19537	.18234	.19537
Rep. meas. (GG)		.21882	.21584	.21976	Friedm.	.55804	.55804	.55804
Co_b - Co_a	Q	.64529	.68023	.63837	Q	.37394	.43277	.37394
Co_b - Co_s		.01837	.02004	.02198		.00333	.00369	.00335
Co_s - Co_a		.31561	.30361	.35010		.42337	.38800	.47691
Rep. meas. (GG)		.24660	.25247	.26998	Friedm.	.01163	.02778	.01163
P2_b - P2_a	Q	.67520	.78497	.66307	Q	.78357	.81395	.78357
P2_b - P2_s		.29194	.30168	.28590		.07744	.08438	.07744
P2_s - P2_a		.36350	.35260	.36825		.15778	.15778	.15778
Rep. meas. (GG)		.34348	.34524	.34343	Friedm.	.20529	.20529	.20529

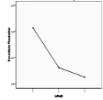
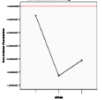
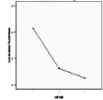
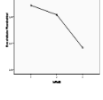
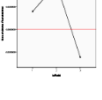
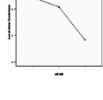
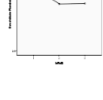
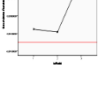
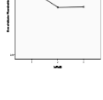
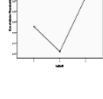
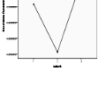
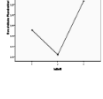
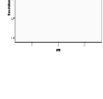
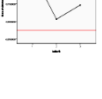
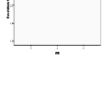
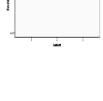
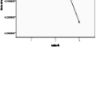
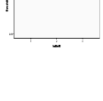
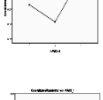
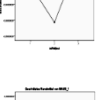
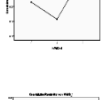
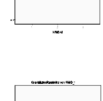
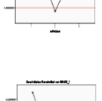
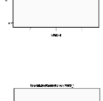

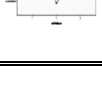

Tab. B.2: Elagöz: p-Werte der statistischen Tests; 4 Variablen; ori, det, cor

Elagöz		ori		det		cor	
Ch_b	P-64	13.6421		0.1783		13.6421	
Ch_s		12.1626	↘	-0.8038	↘	12.1626	↘
Ch_a		11.9319	↘	-0.5371	↗	11.9319	↘
Co_b	P-64	13.5968		0.1330		13.5968	
Co_s		13.2154	↘	0.2490	↗	13.2154	↘
Co_a		12.2269	↘	-0.2421	↘	12.2269	↘
P2_b	P-64	13.4756		0.0118		13.4756	
P2_s		12.8478	↘	-0.1186	↘	12.8478	↘
P2_a		13.0818	↗	0.6128	↗	13.0818	↗
Ch_b	B-16	2.3459		-0.2304		2.3293	
Ch_s		1.7845	↘	-1.0199	↘	1.8056	↘
Ch_a		3.2388	↗	0.2063	↗	3.2461	↗
Co_b	B-16	2.9780		0.4017		2.9701	
Co_s		2.9715	↘	0.1671	↘	2.8797	↘
Co_a		3.3199	↗	0.2874	↗	3.3170	↗
P2_b	B-16	2.5754		-0.0009		2.5777	
P2_s		3.0020	↗	0.1976	↗	3.0149	↗
P2_a		2.5003	↘	-0.5322	↘	2.4814	↘
Ch_b	Q-4	1.0917		-0.1063		1.0875	
Ch_s		0.8817	↘	-0.3763	↘	0.8883	↘
Ch_a		1.3967	↗	0.0787	↗	1.4033	↗
Co_b	Q-4	1.4875		0.2895		1.4900	
Co_s		1.1958	↘	-0.0622	↘	1.1892	↘
Co_a		1.4958	↗	0.1778	↗	1.4967	↗
P2_b	Q-4	1.3792		0.1812		1.3850	
P2_s		1.1200	↘	-0.1380	↘	1.1267	↘
P2_a		1.3108	↗	0.4179	↗	1.3050	↗

Tab. B.3: Elagöz: Mittelwerte der 3 Variablen; ori, det, cor

Elagöz		t: ori	t: det	t: cor		Wil: ori	Wil: det	Wil: cor
Ch_b - Ch_a	P-64	.15242	.53332	.15242	P-64	.13610	.93747	.13610
Ch_b - Ch_s		.19154	.37544	.19154		.15794	.43277	.15794
Ch_s - Ch_a		.75243	.71556	.75243		.87533	.75368	.87533
Rep. meas. (GG)		.19733	.55794	.19733	Friedm.	.55804	.71653	.55804
Co_b - Co_a	P-64	.12128	.65467	.12128	P-64	.09948	.58292	.09948
Co_b - Co_s		.54075	.85111	.54075		.48018	.93747	.48018
Co_s - Co_a		.13158	.43547	.13158		.07119	.93747	.07119
Rep. meas. (GG)		.15052	.72065	.15052	Friedm.	.09697	.55804	.09697
P2_b - P2_a	P-64	.57701	.39918	.57701	P-64	.72211	.38819	.72211
P2_b - P2_s		.32494	.83449	.32494		.43277	.93747	.43277
P2_s - P2_a		.74978	.32853	.74978		.93747	.30782	.93747
Rep. meas. (GG)		.63920	.51488	.63920	Friedm.	.97895	.47237	.97895
Ch_b - Ch_a	B-16	.10389	.40435	.10286	B-16	.09948	.34652	.09948
Ch_b - Ch_s		.35071	.19782	.37907		.48018	.11666	.43277
Ch_s - Ch_a		.00934	.02255	.00840		.00287	.00474	.00287
Rep. meas. (GG)		.03538	.08058	.03621	Friedm.	.01312	.02778	.01312
Co_b - Co_a	B-16	.61195	.86452	.60716	B-16	.87533	.48018	.81395
Co_b - Co_s		.98681	.55488	.81383		.81395	.69489	.87533
Co_s - Co_a		.57239	.84447	.51554		.81395	.63787	.81395
Rep. meas. (GG)		.72203	.87018	.66795	Friedm.	.77880	.20529	.92004
P2_b - P2_a	B-16	.71978	.02450	.66845	B-16	.53028	.03417	.53028
P2_b - P2_s		.15757	.49505	.14643		.13610	.53028	.15794
P2_s - P2_a		.13460	.03853	.12450		.15794	.07119	.18234
Rep. meas. (GG)		.16566	.04441	.15319	Friedm.	.55804	.10540	.77880
Ch_b - Ch_a	Q-4	.17817	.40162	.16927	Q-4	.23932	.43277	.22384
Ch_b - Ch_s		.40168	.28595	.41852		.75359	.50382	.75359
Ch_s - Ch_a		.08897	.12754	.08897		.02280	.07097	.02280
Rep. meas. (GG)		.13491	.19994	.13248	Friedm.	.17377	.51707	.17377
Co_b - Co_a	Q-4	.97799	.71248	.98245	Q-4	.92915	.38819	.92915
Co_b - Co_s		.12275	.06893	.10664		.08281	.04986	.07537
Co_s - Co_a		.27441	.37718	.26657		.30632	.63787	.28600
Rep. meas. (GG)		.38636	.35577	.36941	Friedm.	.44123	.20529	.44123
P2_b - P2_a	Q-4	.48882	.57260	.43400	Q-4	.55615	.38782	.55615
P2_b - P2_s		.36323	.26744	.36225		.13067	.08438	.13067
P2_s - P2_a		.51772	.28690	.55075		.25516	.18234	.28940
Rep. meas. (GG)		.45714	.37698	.46870	Friedm.	.27311	.09697	.27311

Tab. B.4: Elagöz: p-Werte der statistischen Tests; 3 Variablen; ori, det, cor

Elagöz		ori		det		cor	
Ch_b	lnP	0.1814		-0.0014		0.1814	
Ch_s	-ln64/	0.1662 ↘		-0.0106 ↘		0.1662 ↘	
Ch_a		0.1626 ↘		-0.0082 ↗		0.1626 ↘	
Co_b	lnP	0.1844		0.0016		0.1844	
Co_s	-ln64/	0.1808 ↘		0.0040 ↗		0.1808 ↘	
Co_a		0.1683 ↘		-0.0025 ↘		0.1683 ↘	
P2_b	lnP	0,1843		0.0015		0.1843	
P2_s	-ln64/	0,1780 ↘		0.0012 ↘		0.1780 ↘	
P2_a		0,1781 ↗		0.0073 ↗		0.1781 ↗	
Ch_b	lnB	0.1509		-0.0169		0.1499	
Ch_s	-ln16/	0.1039 ↘		-0.0773 ↘		0.1054 ↘	
Ch_a		0.2064 ↗		0.0118 ↗		0.2072 ↗	
Co_b	lnB	0.2003		0.0325		0.2000	
Co_s	-ln16/	0.1876 ↘		0.0064 ↘		0.1835 ↘	
Co_a		0.2090 ↗		0.0144 ↗		0.2088 ↗	
P2_b	lnB	0.1775		0.0097		0.1781	
P2_s	-ln16/	0.1977 ↗		0.0165 ↗		0.1987 ↗	
P2_a		0.1714 ↘		-0.0232 ↘		0.1703 ↘	
Ch_b	lnQ	0.2289		-0.0159		0.2278	
Ch_s	-ln4/	0.1946 ↘		-0.0627 ↘		0.1961 ↘	
Ch_a		0.2849 ↗		0.0151 ↗		0.2857 ↗	
Co_b	lnQ	0.2983		0.0535		0.2986	
Co_s	-ln4/	0.2540 ↘		-0.0033 ↘		0.2507 ↘	
Co_a		0.3127 ↗		0.0429 ↗		0.3129 ↗	
P2_b	lnQ	0.2716		0.0268		0.2722	
P2_s	-ln4/	0.2151 ↘		-0.0422 ↘		0.2161 ↘	
P2_a		0.2599 ↗		-0.0099 ↗		0.2584 ↗	

Tab. B.5: Elagöz: Mittelwerte der 3 Variablen; ori, det, cor

Elagöz		t: ori	t: det	t: cor		Wil: ori	Wil: det	Wil: cor
Ch_b - Ch_a	lnP	.11918	.55358	.11918	lnP	.13610	.87533	.13610
Ch_b - Ch_s	-ln64/	.24588	.47490	.24588	-ln64/	.20943	.34652	.20943
Ch_s - Ch_a		.71367	.81458	.71367		.87533	.75368	.87533
Rep. meas. (GG)		.22519	.68451	.22519	Friedm.	.55804	.71653	.55804
Co_b - Co_a	lnP	.17894	.72423	.17894	lnP	.15794	.69489	.15794
Co_b - Co_s	-ln64/	.68119	.78044	.68119	-ln64/	.48018	.81395	.48018
Co_s - Co_a		.14027	.42714	.14027		.08438	1	.08438
Rep. meas. (GG)		.22075	.74183	.22075	Friedm.	.09697	.71653	.09697
P2_b - P2_a	lnP	.54636	.56958	.54636	lnP	.72211	.43277	.72211
P2_b - P2_s	-ln64/	.40604	.96452	.40604	-ln64/	.38819	.93747	.38819
P2_s - P2_a		.98789	.54693	.98789		.93747	.43277	.93747
Rep. meas. (GG)		.70949	.72793	.70949	Friedm.	.97895	.47237	.97895
Ch_b - Ch_a	lnB	.10967	.38761	.10777	lnB	.11666	.30782	.11666
Ch_b - Ch_s	-ln16/	.26186	.15674	.27970	-ln16/	.53028	.13610	.48018
Ch_s - Ch_a		.02965	.05271	.02858		.00287	.00474	.00287
Rep. meas. (GG)		.04608	.08164	.04493	Friedm.	.01312	.04979	.01312
Co_b - Co_a	lnB	.84706	.68829	.84488	lnB	.81395	.34652	.87533
Co_b - Co_s	-ln16/	.63230	.33472	.53071	-ln16/	1	.58292	.75368
Co_s - Co_a		.59699	.84187	.54971		.81395	.63787	.81395
Rep. meas. (GG)		.79262	.71893	.73665	Friedm.	.77880	.20529	.92004
P2_b - P2_a	lnB	.66148	.03375	.60344	lnB	.53028	.04139	.53028
P2_b - P2_s	-ln16/	.41848	.78244	.40527	-ln16/	.34652	.63787	.34652
P2_s - P2_a		.37366	.18919	.34790		.38819	.20943	.43277
Rep. meas. (GG)		.44812	.21248	.42446	Friedm.	.55804	.10540	.77880
Ch_b - Ch_a	lnQ	.18565	.45129	.17642	lnQ	.18234	.48018	.20943
Ch_b - Ch_s	-ln4/	.47265	.33194	.49993	-ln4/	.81388	.63774	.81388
Ch_s - Ch_a		.07136	.11360	.07002		.02291	.07119	.02291
Rep. meas. (GG)		.14009	.22528	.13766	Friedm.	.17377	.55804	.17377
Co_b - Co_a	lnQ	.77994	.83903	.78293	lnQ	1	.53028	1
Co_b - Co_s	-ln4/	.23167	.13284	.18102	-ln4/	.24775	.09948	.15486
Co_s - Co_a		.19519	.30069	.18138		.28600	.53028	.28600
Rep. meas. (GG)		.37303	.38162	.33232	Friedm.	.44123	.20529	.44123
P2_b - P2_a	lnQ	.50083	.05150	.44748	lnQ	.69489	.09948	.63787
P2_b - P2_s	-ln4/	.22614	.14560	.22658	-ln4/	.15794	.08438	.18234
P2_s - P2_a		.35302	.49922	.38508		.30782	.48018	.34652
Rep. meas. (GG)		.29978	.22628	.31370	Friedm.	.20529	.17377	.20529

Tab. B.6: Elagöz: p-Werte der statistischen Tests; 3 Variablen; ori, det, cor

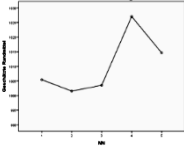
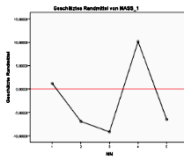
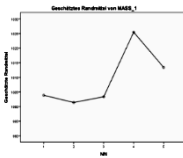
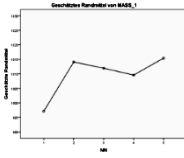
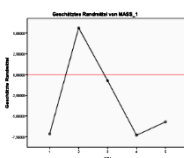
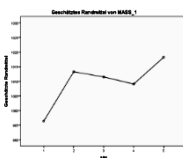
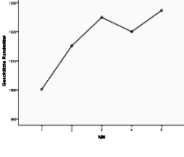
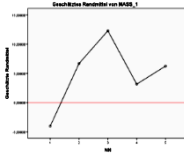
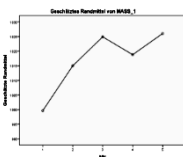
ANHANG C: Diepold

Alle, im Hauptteil der Arbeit bereits erwähnten Fakten treffen bezüglich Diepold auch für die restlichen untersuchten Variablen in diesem Anhang zu. So wie "Wasser" bei lnP, ori einige Signifikanzen aufweist, setzt sich das auch bei NN, lnNN und P fort. In weiterer Folge treten in den B- und Q-Variablen jedoch weder bei ori noch bei det p-Werte kleiner als 0,05 auf. Interessant erscheint, dass "Wasser" bei den artefaktkorrigierten cor Daten sehr wohl einige signifikante t-Test und Wilcoxon Rangsummen-Testergebnisse liefert; und zwar in allen fast allen der 14 untersuchten Variablen.

Beim Reiz "Frösche" ist der Unterschied zwischen ori und cor lediglich in den B- und Q-Variablen erkennbar. Die genannten Variablen gewinnen an Signifikanz, wenn auch nur wenig.

"Pink Noise" zeigt hingegen kaum eine Veränderung zwischen ori und cor Ergebnissen. Hinsichtlich der Artefaktkorrektur könnte man also behaupten, dass bei "Wasser" die größten Veränderungen eingetreten sind.

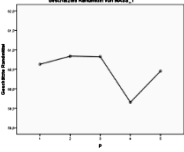
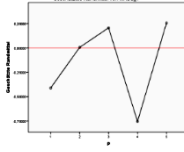
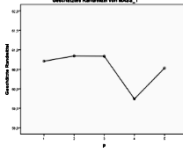
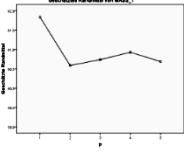
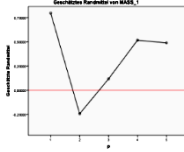
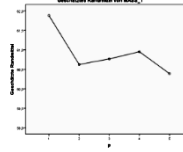
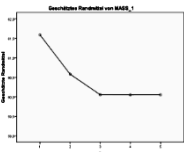
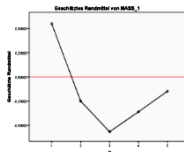
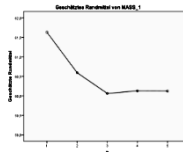
Zur Trendbereinigung: Die ohnehin schon kaum signifikanten "Frösche" verlieren durch das Detrenden noch ihre wenigen niedrigen p-Werte. Auch bei "Wasser" und "Pink Noise" verschlechtert sich die Lage nach der Trendbereinigung. Fazit ist also, dass hier in den angesprochenen Fällen kaum echt spezifische Signifikanzen nach einer Trendbereinigung übrig bleiben. Das legt nahe, dass die einzelnen Reizwirkungen dem generellen Trend (siehe Tab. E.1, Anstiege k der linearen Regressionen) im Allgemeinen, bis auf wenige Fälle, folgen. Hier kann man wieder sehr schön anhand der kleine Pfeile und den Bildchen in den Tabellen C.1, C.3, ..., C.17 mit k aus Tab. E.1 vergleichen.

Diepold		ori	det	cor
PN_b	NN	1005.4250	1.1900	1003.8583
PN_sa		1001.5333 ↘	-6.9247 ↘	1001.3917 ↘
PN_sß		1003.5167 ↗	-9.1643 ↘	1003.3583 ↗
PN_aa		1027.0500 ↗	10.1460 ↗	1025.4425 ↗
PN_aß		1014.6083 ↘	-6.5187 ↘	1013.4000 ↘
				
FR_b	NN	997.0833	-7.1517	996.3667
FR_sa		1014.0833 ↗	5.6253 ↗	1013.2833 ↗
FR_sß		1011.9500 ↘	-0.7310 ↘	1011.5083 ↘
FR_aa		1009.5917 ↘	-7.3123 ↘	1009.0750 ↘
FR_aß		1015.4250 ↗	-5.7020 ↗	1018.2333 ↗
				
WA_b	NN	1000.1917	-4.0433	999.6083
WA_sa		1015.1417 ↗	6.6837 ↗	1014.9750 ↗
WA_sß		1024.9583 ↗	12.2773 ↗	1024.8833 ↗
WA_aa		1020.0500 ↘	3.1460 ↘	1018.7833 ↘
WA_aß		1027.3667 ↗	6.2397 ↗	1026.0250 ↗
				

Tab. C.1: Diepold: Mittelwerte NN; ori, det, cor

Diepold		t: ori	t: det	t: cor		Wil: ori	Wil: det	Wil: cor
PN_b-PN_aß	NN	.49703	.56737	.46754	NN	.40994	.81395	.45595
PN_b-PN_sa		.71840	.45664	.81090		.93747	.53028	.45595
PN_b-PN_sß		.87895	.41568	.96606		1	.38800	1
PN_b-PN_aa		.12233	.50255	.13251		.18234	.58292	.18234
PN_sa-PN_sß		.75056	.71978	.74352		.69489	.81395	.69489
PN_sa-PN_aa		.06123	.19071	.07321		.04986	.09948	.04986
PN_sa-PN_aß		.38000	.97785	.41993		.11666	.53028	.13610
PN_sß-PN_aa		.04814	.09544	.05332		.05452	.09948	.05452
PN_sß-PN_aß		.41856	.84477	.46021		.30782	.53028	.34652
PN_aa-PN_aß		.10181	.03580	.11486		.11666	.05974	.13595
Rep. meas. (GG)		.20187	.41065	.22512	Friedm.	.05477	.23681	.05477
FR_b-FR_aß	NN	.42771	.94927	.33177	NN	.43277	1	.30782
FR_b-FR_sa		.23098	.36105	.25053		.23932	.38819	.23932
FR_b-FR_sß		.42306	.72613	.41499		.34652	.75368	.38819
FR_b-FR_aa		.49429	.99292	.49815		.30782	.87533	.27210
FR_sa-FR_sß		.77090	.39285	.80488		.87533	.48018	.84446
FR_sa-FR_aa		.71823	.30908	.74425		.75368	.34652	.81395
FR_sa-FR_aß		.92822	.45291	.72451		.93747	.48018	.81395
FR_sß-FR_aa		.78232	.44612	.78772		.87533	.30782	.93747
FR_sß-FR_aß		.74151	.63792	.52995		.78357	.27210	.87533
FR_aa-FR_aß		.45266	.83375	.17921		.38819	.75368	.15794
Rep. meas. (GG)		.55533	.69841	.49459	Friedm.	.69903	.45299	.71125
WA_b-WA_aß	NN	.03351	.37787	.03978	NN	.02291	.34652	.02806
WA_b-WA_sa		.13701	.27416	.13313		.09948	.27210	.11666
WA_b-WA_sß		.02352	.11131	.02209		.03417	.09948	.02806
WA_b-WA_aa		.06477	.47315	.07791		.07744	.23932	.07119
WA_sa-WA_sß		.16672	.41676	.16907		.15794	.43277	.15794
WA_sa-WA_aa		.61250	.71427	.69744		.53028	.81395	.63787
WA_sa-WA_aß		.29749	.96903	.33554		.18234	.81395	.23932
WA_sß-WA_aa		.63358	.38128	.55808		.53028	.23932	.53028
WA_sß-WA_aß		.82939	.59117	.91916		.75368	.63787	.87533
WA_aa-WA_aß		.42669	.73368	.42509		.48018	.58292	.53028
Rep. meas. (GG)		.07492	.54042	.08285	Friedm.	.02242	.17560	.02810

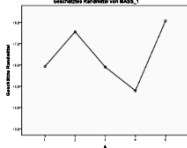
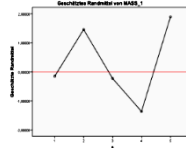
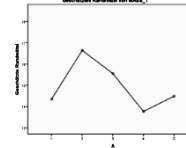
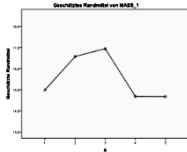
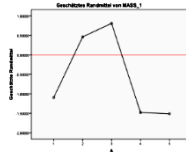
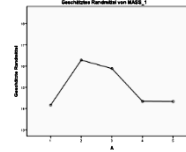
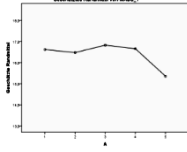
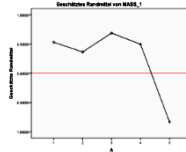
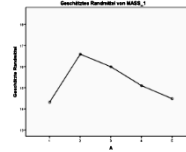
Tab. C.2: Diepold: p-Werte der statistischen Tests; NN; ori, det, cor

Diepold		ori	det	cor
PN_b	P	60.6292	-0.4118	60.7093
PN_sa		60.8355 ↗	0.0047 ↗	60.8431 ↗
PN_sβ		60.8263 ↘	0.2057 ↗	60.8367 ↘
PN_aa		59.6544 ↘	-0.7560 ↘	59.7408 ↘
PN_aβ		60.4552 ↗	0.2550 ↗	60.5322 ↗
				
FR_b	P	61.8381	0.7971	61.8810
FR_sa		60.5873 ↘	-0.2435 ↘	60.6244 ↘
FR_sβ		60.7380 ↗	0.1174 ↗	60.7671 ↗
FR_aa		60.9273 ↗	0.5169 ↗	60.9521 ↗
FR_aβ		60.6889 ↘	0.4887 ↘	60.3902 ↘
				
WA_b	P	61.5902	0.5492	61.6308
WA_sa		60.5808 ↘	-0.2500 ↘	60.5934 ↘
WA_sβ		60.0532 ↘	-0.5674 ↘	60.0616 ↘
WA_aa		60.0497 ↘	-0.3607 ↗	60.1268 ↗
WA_aβ		60.0516 ↗	-0.1486 ↗	60.1225 ↘
				

Tab. C.3: Diepold: Mittelwerte P ; ori , det , cor

Diepold		t: ori	t: det	t: cor		Wil: ori	Wil: det	Wil: cor
PN_b-PN_aß	P	.84611	.46221	.84290	P	.69489	.75368	.69489
PN_b-PN_sa		.74842	.52043	.83079		.93747	.69489	1
PN_b-PN_sß		.77644	.38144	.84688		.87533	.48018	.87533
PN_b-PN_aa		.19773	.63786	.21369		.18234	.81395	.20943
PN_sa-PN_sß		.98001	.58894	.98551		.87533	.63787	.93747
PN_sa-PN_aa		.15144	.34211	.17426		.09948	.15794	.11666
PN_sa-PN_aß		.72085	.81378	.77257		.18234	.43277	.18234
PN_sß-PN_aa		.10039	.16909	.11174		.09948	.15794	.13610
PN_sß-PN_aß		.69993	.95899	.75316		.34652	.48018	.34652
PN_aa-PN_aß		.11464	.05341	.12829		.11666	.05974	.15794
Rep. meas. (GG)		.43112	.51211	.46570	Friedm.	.05477	.20933	.05477
FR_b-FR_aß	P	.41741	.37802	.25685	P	.43277	.93747	.23932
FR_b-FR_sa		.16337	.95320	.17085		.27210	.30782	.30782
FR_b-FR_sß		.34678	.24472	.34026		.38819	.53028	.38819
FR_b-FR_aa		.39845	.35165	.39842		.34652	.75368	.34652
FR_sa-FR_sß		.73591	.19417	.74578		.87533	.58292	.87533
FR_sa-FR_aa		.63953	.30002	.65987		.63787	.23932	.75368
FR_sa-FR_aß		.99065	.31704	.72475		.81395	.34652	1
FR_sß-FR_aa		.72824	.28420	.74421		.75368	.34652	.75368
FR_sß-FR_aß		.93541	.26166	.52950		.53028	.18234	.93747
FR_aa-FR_aß		.67074	.51544	.18716		.58292	.75368	.23932
Rep. meas. (GG)		.48316	.61660	.38489	Friedm.	.69903	.45299	.71125
WA_b-WA_aß	P	.01689	.22842	.02127	P	.03417	.13610	.03417
WA_b-WA_sa		.17261	.27260	.17376		.20943	.20943	.20943
WA_b-WA_sß		.05640	.14972	.05573		.05974	.13610	.05974
WA_b-WA_aa		.03316	.17836	.04199		.02806	.18234	.04139
WA_sa-WA_sß		.34270	.56287	.34384		.18234	.43277	.18234
WA_sa-WA_aa		.41165	.86210	.47727		.43277	.87533	.58292
WA_sa-WA_aß		.44699	.88261	.49069		.20943	.69489	.23932
WA_sß-WA_aa		.99605	.76488	.92581		.63787	.38819	.58292
WA_sß-WA_aß		.99841	.59225	.93788		.69489	.87533	.81395
WA_aa-WA_aß		.99753	.72615	.99433		.69489	.75368	.69489
Rep. meas. (GG)		.10701	.48308	.11954	Friedm.	.02242	.12245	.02810

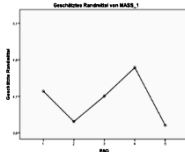
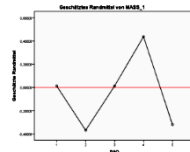
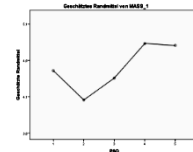
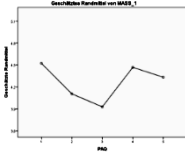
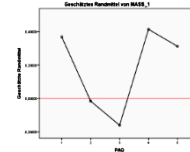
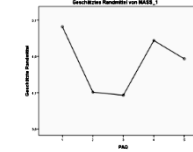
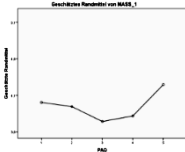
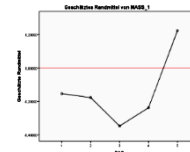
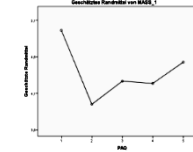
Tab. C.4: Diepold: *p*-Werte der statistischen Tests; *P*; *ori*, *det*, *cor*

Diepold		ori		det		cor	
PN_b	B	15.9312		-0.1528		14.3502	
PN_sa		17.5657 ↗		1.4569 ↗		16.6421 ↗	
PN_sβ		15.9062 ↘		-0.2274 ↘		15.5496 ↘	
PN_aa		14.7938 ↘		-1.3646 ↘		13.7681 ↘	
PN_aβ		18.0779 ↗		1.8947 ↗		14.4890 ↗	
							
FR_b	B	14.9873		-1.0967		14.1587	
FR_sa		16.5701 ↗		0.4613 ↗		16.2784 ↗	
FR_sβ		16.9415 ↗		0.8079 ↗		15.8820 ↘	
FR_aa		14.6778 ↘		-1.4806 ↘		14.3371 ↘	
FR_aβ		14.6709 ↘		-1.5123 ↘		13.7990 ↘	
							
WA_b	B	16.6161		0.5321		14.3138	
WA_sa		16.4747 ↘		0.3659 ↘		16.5875 ↗	
WA_sβ		16.8221 ↗		0.6885 ↗		15.9916 ↘	
WA_aa		16.6560 ↘		0.4976 ↘		15.0976 ↘	
WA_aβ		15.3523 ↘		-0.8309 ↘		14.4802 ↘	
							

Tab. C.5: Diepold: Mittelwerte B; ori, det, cor

Diepold		t: ori	t: det	t: cor		Wil: ori	Wil: det	Wil: cor
PN_b-PN_aß	B	.19563	.21552	.85341	B	.13610	.13610	.63787
PN_b-PN_sa		.13821	.14370	.04482		.18234	.18234	.01206
PN_b-PN_sß		.98136	.94440	.26068		.93747	.87533	.18234
PN_b-PN_aa		.14681	.12448	.40326		.27210	.20943	.43277
PN_sa-PN_sß		.04614	.04350	.09446		.11666	.09948	.13610
PN_sa-PN_aa		.06386	.05992	.05448		.05974	.05974	.00963
PN_sa-PN_aß		.51278	.57483	.17800		.38819	.43277	.05974
PN_sß-PN_aa		.43522	.42534	.13914		.53028	.48018	.11666
PN_sß-PN_aß		.08498	.09141	.43429		.20943	.23932	.63787
PN_aa-PN_aß		.10913	.11153	.23260		.07119	.07119	.23932
Rep. meas. (GG)		.12056	.12265	.12498	Friedm.	.37112	.44330	.09405
FR_b-FR_aß	B	.73678	.79309	.82209	B	.93747	.75368	1
FR_b-FR_sa		.25023	.42510	.01389		.20943	.23932	.01206
FR_b-FR_sß		.22005	.30448	.04875		.18234	.18234	.02806
FR_b-FR_aa		.77163	.40785	.84900		1	.93747	.87533
FR_sa-FR_sß		.52773	.46760	.18887		.93747	.93747	.11666
FR_sa-FR_aa		.20064	.54351	.03225		.18234	.18234	.02291
FR_sa-FR_aß		.15063	.71349	.04402		.20943	.11666	.05974
FR_sß-FR_aa		.12172	.95980	.03706		.13610	.13610	.02806
FR_sß-FR_aß		.09603	.63300	.08105		.18234	.18234	.08438
FR_aa-FR_aß		.98977	.64488	.99350		.93747	.87533	.93747
Rep. meas. (GG)		.18767	.17999	.02842	Friedm.	.02179	.27389	.00668
WA_b-WA_aß	B	.48964	.45701	.78409	B	.81395	.58292	.48018
WA_b-WA_sa		.84456	.81780	.13660		.87533	.87533	.07119
WA_b-WA_sß		.83704	.87585	.27163		.75368	.81395	.34652
WA_b-WA_aa		.97500	.97839	.58524		.58292	.58292	.81395
WA_sa-WA_sß		.64001	.66385	.13191		.81395	.75368	.18234
WA_sa-WA_aa		.83262	.87793	.00762		.53028	.34652	.01206
WA_sa-WA_aß		.41323	.38397	.13562		.63787	.58292	.04139
WA_sß-WA_aa		.85832	.83748	.20847		.58292	.53028	.18234
WA_sß-WA_aß		.31769	.30239	.28333		.58292	.58292	.30782
WA_aa-WA_aß		.38944	.38079	.64887		.69489	.69489	.48018
Rep. meas. (GG)		.63832	.61181	.24226	Friedm.	.97666	.97666	.20933

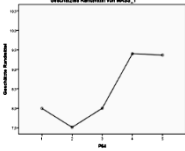
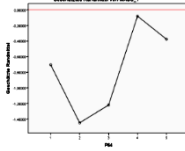
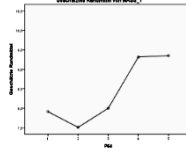
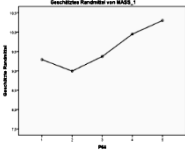
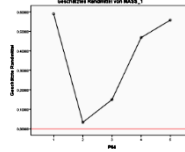
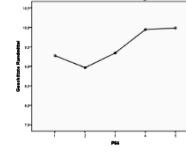
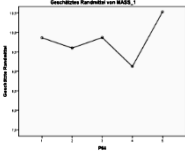
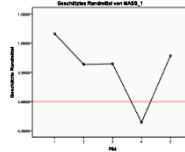
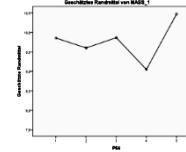
Tab. C.6: Diepold: *p*-Werte der statistischen Tests; B; ori, det, cor

Diepold		ori	det	cor
PN_b	Q	4.1683	0.0129	4.4592
PN_sa		3.7533 ↘	-0.3686 ↘	4.0550 ↘
PN_sβ		4.1008 ↗	0.0124 ↗	4.3567 ↗
PN_aa		4.4925 ↗	0.4376 ↗	4.8317 ↗
PN_aβ		3.7017 ↘	-0.3197 ↘	4.8050 ↘
				
FR_b	Q	4.5242	0.3688	5.0075
FR_sa		4.1058 ↘	-0.0161 ↘	4.1067 ↘
FR_sβ		3.9275 ↘	-0.1609 ↘	4.0642 ↘
FR_aa		4.4683 ↗	0.4134 ↗	4.8175 ↗
FR_aβ		4.3333 ↘	0.3119 ↘	4.5658 ↘
				
WA_b	Q	4.0017	-0.1537	4.9600
WA_sa		3.9450 ↘	-0.1769 ↘	3.9492 ↘
WA_sβ		3.7408 ↘	-0.3476 ↘	4.2658 ↗
WA_aa		3.8167 ↗	-0.2382 ↗	4.2350 ↘
WA_aβ		4.2450 ↗	0.2236 ↗	4.5258 ↗
				

Tab. C.7: Diepold: Mittelwerte Q ; ori , det , cor

Diepold		t: ori	t: det	t: cor		Wil: ori	Wil: det	Wil: cor
PN_b-PN_aß	Q	.27455	.42976	.49164	Q	.11666	.34652	.43277
PN_b-PN_sa		.16951	.20365	.14803		.20943	.30782	.13067
PN_b-PN_sß		.80946	.99857	.77397		.75359	.87528	.20943
PN_b-PN_aa		.22444	.11986	.22793		.48018	.18234	.53028
PN_sa-PN_sß		.15973	.12648	.23085		.20943	.18234	.09935
PN_sa-PN_aa		.13127	.10297	.12710		.09948	.08438	.07119
PN_sa-PN_aß		.77803	.78987	.28364		.43259	.93745	.38800
PN_sß-PN_aa		.38223	.34436	.31124		.81395	.69489	.53028
PN_sß-PN_aß		.30639	.39117	.53394		.18234	.30782	.93747
PN_aa-PN_aß		.16820	.18541	.93873		.09948	.13610	.48018
Rep. meas. (GG)		.21936	.22062	.35482	Friedm.	.14310	.50367	.11864
FR_b-FR_aß	Q	.61001	.96229	.30002	Q	.59353	.63774	.69489
FR_b-FR_sa		.24658	.55518	.04831		.18234	.20943	.01076
FR_b-FR_sß		.20951	.18995	.04679		.27191	.30764	.04139
FR_b-FR_aa		.89282	.13669	.69215		.96870	.93747	.72211
FR_sa-FR_sß		.42556	.11812	.84522		.84446	.87533	.36662
FR_sa-FR_aa		.43015	.08983	.15596		.34634	.27191	.09935
FR_sa-FR_aß		.51099	.80691	.23754		.23859	.08426	.11666
FR_sß-FR_aa		.19781	.95320	.08566		.20943	.13610	.04986
FR_sß-FR_aß		.21282	.24472	.13815		.28940	.18234	.14655
FR_aa-FR_aß		.55050	.19417	.30260		.93747	1	.43277
Rep. meas. (GG)		.39640	.38115	.09089	Friedm.	.48331	.17120	.01378
WA_b-WA_aß	Q	.60615	.42798	.14313	Q	1	.48018	.21322
WA_b-WA_sa		.75880	.89992	.14158		.75368	.81395	.02800
WA_b-WA_sß		.30405	.43998	.31582		.48018	.58292	.60998
WA_b-WA_aa		.54758	.78212	.28370		.87533	.53028	.69489
WA_sa-WA_sß		.48790	.56070	.22992		.75368	.93747	.45578
WA_sa-WA_aa		.57713	.78871	.01782		.53028	.30782	.03092
WA_sa-WA_aß		.48085	.35094	.28598		.93747	.43277	.15762
WA_sß-WA_aa		.75107	.64824	.92256		.50458	.27191	.28600
WA_sß-WA_aß		.28724	.23133	.68005		.78357	.63787	.75554
WA_aa-WA_aß		.33296	.29821	.58246		.75359	.75359	.48018
Rep. meas. (GG)		.53934	.46301	.31170	Friedm.	.88895	.45299	.16492

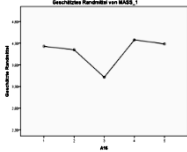
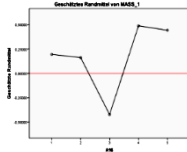
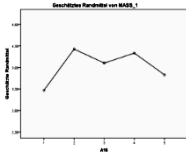
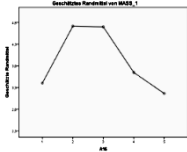
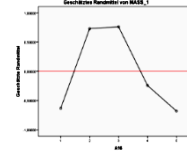
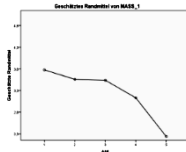
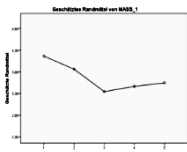
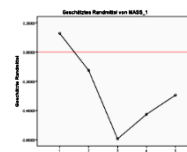
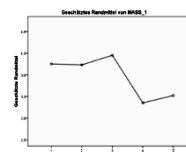
Tab. C.8: Diepold: *p*-Werte der statistischen Tests; Q; ori, det, cor

Diepold		ori	det	cor
PN_b	P-64	7.9968	-0.7043	7.9140
PN_sa		7.5123 ↘	-1.4491 ↘	7.5104 ↘
PN_sβ		8.0005 ↗	-1.2212 ↗	8.0012 ↗
PN_aa		9.4015 ↗	-0.0805 ↗	9.3164 ↗
PN_aβ		9.3657 ↘	-0.3766 ↘	9.3489 ↗
				
FR_b	P-64	9.2908	0.5897	9.2743
FR_sa		8.9944 ↘	0.0330 ↘	8.9668 ↘
FR_sβ		9.3713 ↗	0.1496 ↗	9.3439 ↗
FR_aa		9.9501 ↗	0.4681 ↗	9.9447 ↗
FR_aβ		10.3001 ↗	0.5578 ↗	9.9835 ↗
				
WA_b	P-64	0.1590	1.1601	9.8549
WA_sa		0.1570 ↘	0.6356 ↘	9.5995 ↘
WA_sβ		0.1627 ↗	0.6458 ↗	9.8638 ↗
WA_aa		0.1502 ↘	-0.3575 ↘	9.0474 ↘
WA_aβ		0.1734 ↗	0.7833 ↗	10.4698 ↗
				

Tab. C.9: Diepold: Mittelwerte |P-64|; ori, det, cor

Diepold		t: ori	t: det	t: cor		Wil: ori	Wil: det	Wil: cor
PN_b-PN_aß	P-64	.10452	.67999	.08559	P-64	.11666	.27210	.11666
PN_b-PN_sa		.44634	.25011	.51541		.43277	.23932	.53028
PN_b-PN_sß		.99574	.46307	.89485		.93747	.58292	1
PN_b-PN_aa		.05123	.35230	.05935		.05974	.30782	.05974
PN_sa-PN_sß		.16673	.50377	.14697		.18234	.38819	.18234
PN_sa-PN_aa		.01150	.05069	.01464		.01502	.05974	.01860
PN_sa-PN_aß		.05932	.24914	.06477		.03417	.23932	.03417
PN_sß-PN_aa		.04255	.08876	.04908		.04986	.09948	.07119
PN_sß-PN_aß		.13657	.34176	.14419		.13610	.27210	.13610
PN_aa-PN_aß		.94703	.58480	.95288		.43277	.23932	.58292
Rep. meas. (GG)		.04193	.25397	.04770	Friedm.	.01195	.09405	.01195
FR_b-FR_aß	P-64	.47398	.65686	.59492	P-64	.53028	.93747	.69489
FR_b-FR_sa		.75151	.37048	.74767		.93747	.81395	.87533
FR_b-FR_sß		.94565	.44789	.95298		.93747	.87533	.93747
FR_b-FR_aa		.53682	.51696	.53811		.53028	.87533	.53028
FR_sa-FR_sß		.39220	.13582	.38409		.38819	.81395	.43277
FR_sa-FR_aa		.17107	.18830	.17191		.11666	.58292	.09948
FR_sa-FR_aß		.11164	.24000	.15885		.13610	.48018	.13610
FR_sß-FR_aa		.27572	.57490	.27715		.38819	.63787	.38819
FR_sß-FR_aß		.10282	.41868	.27690		.08438	.58292	.30782
FR_aa-FR_aß		.53024	.62860	.93028		.38819	.81395	.53028
Rep. meas. (GG)		.44628	.79999	.54742	Friedm.	.24866	.85570	.34652
WA_b-WA_aß	P-64	.35542	.59523	.39765	P-64	.34652	.53028	.38819
WA_b-WA_sa		.73194	.49987	.74795		.63787	1	.63787
WA_b-WA_sß		.99420	.56068	.99204		.48018	.75368	.48018
WA_b-WA_aa		.34888	.06893	.30928		.48018	.09948	.38819
WA_sa-WA_sß		.63209	.98549	.64342		.15794	.58292	.15794
WA_sa-WA_aa		.46660	.14127	.39808		.63787	.18234	.53028
WA_sa-WA_aß		.38854	.81911	.43137		.15794	.87533	.20943
WA_sß-WA_aa		.26748	.14304	.22764		.23932	.09948	.20943
WA_sß-WA_aß		.38854	.85469	.43137		.48018	1	.53028
WA_aa-WA_aß		.00593	.01829	.00488		.01206	.01860	.01502
Rep. meas. (GG)		.34915	.26260	.34747	Friedm.	.08917	.27389	.14310

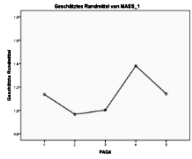
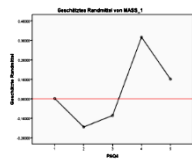
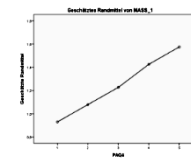
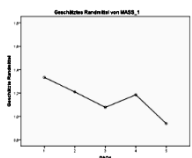
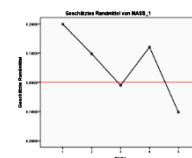
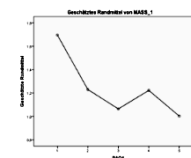
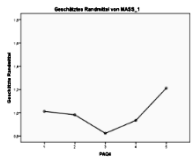
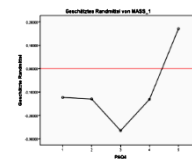
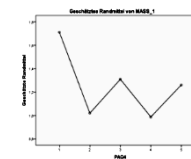
Tab. C.10: Diepold: *p*-Werte der statistischen Tests; |P-64|; ori, det, cor

Diepold		ori	det	cor
PN_b	[B-16]	4.2285	0.1943	3.2676
PN_sa		4.1475 ↘	0.1617 ↘	4.2254 ↗
PN_sβ		3.5144 ↘	-0.4230 ↘	3.9005 ↘
PN_aa		4.3768 ↗	0.4878 ↗	4.1320 ↗
PN_aβ		4.2828 ↘	0.4422 ↘	3.6267 ↘
				
FR_b	[B-16]	3,4009	-0.6333	3.7764
FR_sa		4,7157 ↗	0.7299 ↗	3.5571 ↘
FR_sβ		4,6992 ↗	0.7618 ↗	3.5364 ↘
FR_aa		3,6468 ↘	-0.2422 ↘	3.1300 ↘
FR_aβ		3,1610 ↘	-0.6796 ↘	2.7685 ↘
				
WA_b	[B-16]	4.1624	0.1282	4.0527
WA_sa		3.8607 ↘	-0.1251 ↘	4.0302 ↘
WA_sβ		3.3438 ↘	-0.5936 ↘	4.2524 ↗
WA_aa		3.4634 ↗	-0.4256 ↗	3.1525 ↘
WA_aβ		3.5463 ↗	-0.2943 ↗	3.3226 ↗
				

Tab. C.11: Diepold: Mittelwerte [B-16]; ori, det, cor

Diepold		t: ori	t: det	t: cor		Wil: ori	Wil: det	Wil: cor
PN_b-PN_aß	B-16	.96566	.84438	.62335	B-16	.75368	.87533	.87533
PN_b-PN_sa		.91702	.96652	.21508		.53028	.58292	.30782
PN_b-PN_sß		.24738	.31359	.35240		.09948	.11666	.30782
PN_b-PN_aa		.78498	.59116	.14059		1	.75368	.15794
PN_sa-PN_sß		.39825	.43417	.59293		.43277	.48018	.43277
PN_sa-PN_aa		.72501	.61797	.85875		.87533	.93747	.81395
PN_sa-PN_aß		.84978	.69544	.16647		.63787	.48018	.23932
PN_sß-PN_aa		.18123	.15985	.61179		.34652	.30782	.87533
PN_sß-PN_aß		.46409	.41129	.67113		.63787	.53028	.58292
PN_aa-PN_aß		.93012	.96606	.36237		.87533	.81395	.34652
Rep. meas. (GG)		.70062	.67246	.45187	Friedm.	.65061	.58038	.86701
FR_b-FR_aß	B-16	.75863	.66485	.02501	B-16	.69489	1	.02806
FR_b-FR_sa		.16870	.78808	.80538		.11666	.09948	1
FR_b-FR_sß		.16709	.51874	.79464		.13610	.13610	.81395
FR_b-FR_aa		.77000	.50138	.39487		.75368	.63787	.58292
FR_sa-FR_sß		.97780	.54083	.94751		.69489	.81395	.81395
FR_sa-FR_aa		.09792	.45071	.50068		.09948	.11666	.93747
FR_sa-FR_aß		.10791	.55474	.17810		.34652	.48018	.20943
FR_sß-FR_aa		.14920	.87102	.48780		.15794	.15794	.53028
FR_sß-FR_aß		.08840	.31894	.14568		.11666	.11666	.23932
FR_aa-FR_aß		.32196	.28827	.10749		.30782	.34652	.11666
Rep. meas. (GG)		.15170	.17095	.24809	Friedm.	.04643	.69903	.71125
WA_b-WA_aß	B-16	.40205	.56214	.21301	B-16	.93747	.69489	.13610
WA_b-WA_sa		.67464	.72418	.96799		.75368	.81395	.81395
WA_b-WA_sß		.38923	.44600	.76943		.38819	.43277	.81395
WA_b-WA_aa		.40148	.50364	.02435		.30782	.34652	.02291
WA_sa-WA_sß		.44017	.48308	.59192		.69489	.69489	.58292
WA_sa-WA_aa		.28204	.41048	.13154		.20943	.38819	.15794
WA_sa-WA_aß		.54019	.74012	.09060		.53028	.75368	.07119
WA_sß-WA_aa		.83955	.77628	.09427		.93747	.93747	.07119
WA_sß-WA_aß		.80781	.71964	.08023		1	.87533	.08438
WA_aa-WA_aß		.87737	.80713	.72764		1	.81395	.63787
Rep. meas. (GG)		.67062	.77264	.16593	Friedm.	.87810	.92929	.03719

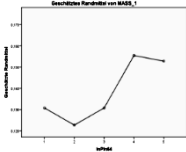
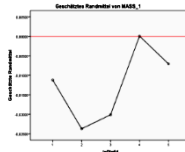
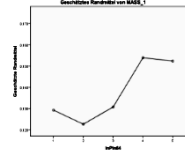
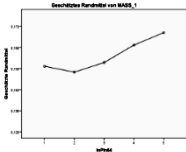
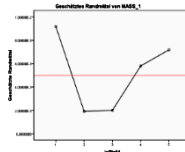
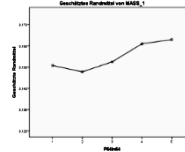
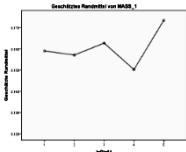
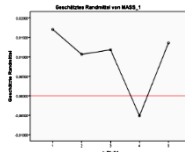
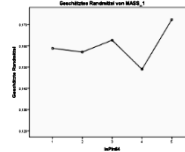
Tab. C.12: Diepold: p-Werte der statistischen Tests; |B-16|; ori, det, cor

Diepold		ori	det	cor
PN_b	Q-4	1.1367	0.0018	0.9292
PN_sa		0.9667 ↘	-0.1447 ↘	1.0783 ↗
PN_sβ		1.0025 ↗	-0.0854 ↗	1.2267 ↗
PN_aa		1.3808 ↗	0.3164 ↗	1.4250 ↗
PN_aβ		1.1417 ↘	0.1008 ↘	1.5750 ↗
				
FR_b	Q-4	1.3342	0.1993	1.6958
FR_sa		1.2092 ↘	0.0978 ↘	1.2300 ↘
FR_sβ		1.0775 ↘	-0.0104 ↘	1.0642 ↘
FR_aa		1.1850 ↗	0.1206 ↗	1.2225 ↗
FR_aβ		0.9383 ↘	-0.1026 ↘	1.0025 ↘
				
WA_b	Q-4	1.0117	-0.1232	1.7117
WA_sa		0.9817 ↘	-0.1297 ↘	1.0192 ↘
WA_sβ		0.8225 ↘	-0.2654 ↘	1.3092 ↗
WA_aa		0.9333 ↗	-0.1311 ↗	0.9867 ↘
WA_aβ		1.2117 ↗	0.1708 ↘	1.2608 ↗
				

Tab. C.13: Diepold: Mittelwerte |Q-4| ; ori, det, cor

Diepold		t: ori	t: det	t: cor		Wil: ori	Wil: det	Wil: cor
PN_b-PN_aß	Q-4	.98468	.70477	.18191	Q-4	.87528	.48001	.13610
PN_b-PN_sa		.42610	.49115	.29881		.45595	.75368	.24775
PN_b-PN_sß		.47233	.63820	.28167		.07097	.23895	.63774
PN_b-PN_aa		.35868	.24274	.09216		.45578	.18217	.08438
PN_sa-PN_sß		.88918	.81767	.56345		.75368	.93747	.48001
PN_sa-PN_aa		.18656	.14505	.27782		.27210	.15794	.23932
PN_sa-PN_aß		.24213	.11078	.29391		.25516	.08438	.66602
PN_sß-PN_aa		.22310	.19756	.56076		.20943	.20943	.75368
PN_sß-PN_aß		.64969	.54499	.56522		.53028	.48018	.81395
PN_aa-PN_aß		.50587	.54779	.66288		.58292	.63787	.69489
Rep. meas. (GG)		.49217	.40554	.35986	Friedm.	.24866	.30844	.59850
FR_b-FR_aß	Q-4	.19515	.47492	.08208	Q-4	.42360	.87533	.02531
FR_b-FR_sa		.49139	.95720	.18878		.78357	1	.25497
FR_b-FR_sß		.32577	.12827	.10946		.60998	.81395	.11666
FR_b-FR_aa		.66884	.14091	.27597		.96870	.75368	.35029
FR_sa-FR_sß		.55704	.16704	.43450		.78357	1	.40976
FR_sa-FR_aa		.93310	.10760	.98146		.87528	.87528	.63787
FR_sa-FR_aß		.24421	.43036	.42396		.19510	.87514	.48018
FR_sß-FR_aa		.66989	.37048	.55315		.93747	.81395	.87533
FR_sß-FR_aß		.51807	.44789	.79338		.32661	.58292	.66602
FR_aa-FR_aß		.25579	.13582	.27594		.30782	.38819	.27210
Rep. meas. (GG)		.52713	.68809	.21235	Friedm.	.80334	.86701	.58119
WA_b-WA_aß	Q-4	.41539	.23930	.12077	Q-4	.58292	.27210	.00370
WA_b-WA_sa		.86510	.97062	.17148		.81395	.81395	.00765
WA_b-WA_sß		.35462	.48284	.43695		.53028	.75368	.30764
WA_b-WA_aa		.60603	.95861	.17138		.58292	.81395	.78968
WA_sa-WA_sß		.50398	.56786	.26898		.69489	.75368	.21322
WA_sa-WA_aa		.72605	.99227	.81245		.53028	.81395	.53013
WA_sa-WA_aß		.34650	.22521	.49045		.81395	.53028	.96869
WA_sß-WA_aa		.41332	.32490	.29238		.81395	.58277	.21322
WA_sß-WA_aß		.18111	.13784	.91955		.40994	.27210	.56312
WA_aa-WA_aß		.30920	.27211	.47717		.58277	.53013	.87533
Rep. meas. (GG)		.42396	.32588	.32100	Friedm.	.90980	.94716	.81305

Tab. C.14: Diepold: *p*-Werte der statistischen Tests; |Q-4|; ori, det, cor

Diepold		ori	det	cor
PN_b	$ \ln P$	0.1307	-0.0112	0.1292
PN_sa	$-\ln 64 $	0.1227 ↘	-0.0237 ↘	0.1226 ↘
PN_sβ		0.1308 ↗	-0.0201 ↗	0.1307 ↗
PN_aa		0.1554 ↗	0.0001 ↗	0.1539 ↗
PN_aβ		0.1528 ↘	-0.0071 ↘	0.1523 ↘
				
FR_b	$ \ln P$	0.1511	0.0092	0.1507
FR_sa	$-\ln 64 $	0.1483 ↘	0.0019 ↘	0.1477 ↘
FR_sβ		0.1529 ↗	0.0020 ↗	0.1524 ↗
FR_aa		0.1611 ↗	0.0058 ↗	0.1609 ↗
FR_aβ		0.1670 ↗	0.0072 ↗	0.1629 ↗
				
WA_b	$ \ln P$	0.1590	0.0170	0.1588
WA_sa	$-\ln 64 $	0.1570 ↘	0.0106 ↘	0.1571 ↘
WA_sβ		0.1627 ↗	0.0118 ↗	0.1626 ↗
WA_aa		0.1502 ↘	-0.0051 ↘	0.1489 ↘
WA_aβ		0.1734 ↗	0.0136 ↗	0.1723 ↗
				

Tab. C.15: Diepold: Mittelwerte $|\ln P - \ln 64|$; ori, det, cor

Diepold		t: ori	t: det	t: cor		Wil: ori	Wil: det	Wil: cor
PN_b-PN_aß	lnP -ln64	.09357	.73710	.07164	lnP -ln64	.11666	.27210	.11666
PN_b-PN_sa		.44229	.24079	.51310		.43277	.30782	.53028
PN_b-PN_sß		.99825	.46001	.89356		.93747	.53028	.93747
PN_b-PN_aa		.05098	.33938	.05837		.05974	.34652	.05974
PN_sa-PN_sß		.16744	.52323	.14722		.18234	.48018	.18234
PN_sa-PN_aa		.00786	.03815	.01020		.00963	.04139	.00765
PN_sa-PN_aß		.04039	.22477	.04447		.03417	.27210	.03417
PN_sß-PN_aa		.03073	.06753	.03516		.04139	.07119	.04139
PN_sß-PN_aß		.11258	.32823	.11934		.09948	.30782	.09948
PN_aa-PN_aß		.74947	.39732	.85115		.43277	.23932	.63787
Rep. meas. (GG)		.02479	.20513	.02823	Friedm.	.01195	.08010	.01195
FR_b-FR_aß	lnP -ln64	.48531	.95279	.58186	lnP -ln64	.63787	.81395	.75368
FR_b-FR_sa		.85030	.33213	.84309		1	.81395	.93747
FR_b-FR_sß		.92405	.89232	.92769		.93747	.87533	1
FR_b-FR_aa		.56860	.84086	.57148		.48018	.87533	.48018
FR_sa-FR_sß		.52370	.50607	.50365		.48018	.93747	.53028
FR_sa-FR_aa		.27354	.53107	.27432		.20943	.69489	.18234
FR_sa-FR_aß		.17484	.59052	.23365		.15794	.69489	.20943
FR_sß-FR_aa		.32683	.90369	.33748		.43277	.63787	.38819
FR_sß-FR_aß		.14522	.91175	.29978		.10767	.75368	.30782
FR_aa-FR_aß		.47949	.81642	.78332		.38819	.81395	.53028
Rep. meas. (GG)		.51139	.86507	.60568	Friedm.	.24866	.86701	.34652
WA_b-WA_aß	lnP -ln64	.25122	.77680	.28406	lnP -ln64	.27210	.75368	.27210
WA_b-WA_sa		.86617	.57750	.88242		.58292	.87533	.53028
WA_b-WA_sß		.77691	.68863	.77283		.48018	.75368	.38819
WA_b-WA_aa		.46810	.08355	.41686		.53028	.13610	.43277
WA_sa-WA_sß		.48876	.88617	.49905		.15794	.53028	.15794
WA_sa-WA_aa		.49071	.12806	.41510		.63787	.20943	.53028
WA_sa-WA_aß		.13697	.77889	.15619		.15794	.93747	.18234
WA_sß-WA_aa		.22426	.10792	.18588		.20943	.09948	.18234
WA_sß-WA_aß		.35008	.87411	.40184		.34652	.93747	.43277
WA_aa-WA_aß		.00260	.00966	.00198		.00765	.01860	.00604
Rep. meas. (GG)		.27274	.26845	.27755	Friedm.	.08917	.27389	.14310

Tab. C.16: Diepold: *p*-Werte der statistischen Tests; |lnP-ln64|; ori, det, cor

Diepold		t: ori	t: det	t: cor		Wil: ori	Wil: det	Wil: cor
PN_b-PN_aß	lnB -ln16	.75656	.88794	.50181	lnB -ln16	.69489	.93747	.69489
PN_b-PN_sa		.55283	.56122	.36088		.48018	.53028	.38819
PN_b-PN_sß		.20909	.22800	.43326		.11666	.11666	.38819
PN_b-PN_aa		.56865	.43381	.12808		.93747	.58292	.15794
PN_sa-PN_sß		.73416	.79464	.97140		.58292	.63787	.58292
PN_sa-PN_aa		.29010	.22929	.32894		.53028	.43277	.48018
PN_sa-PN_aß		.84698	.61162	.88193		.63787	.48018	.81395
PN_sß-PN_aa		.09988	.08449	.37485		.23932	.18234	.53028
PN_sß-PN_aß		.71660	.63046	.94585		.81395	.58292	.75368
PN_aa-PN_aß		.47897	.51578	.48398		.81395	.81395	.43277
Rep. meas. (GG)		.57958	.54438	.56989	Friedm.	.65061	.73576	.95538
FR_b-FR_aß	lnB -ln16	.70668	.77613	.04877	lnB -ln16	.63787	.81388	.03417
FR_b-FR_sa		.29891	.99007	.45397		.20943	.05964	.69489
FR_b-FR_sß		.43130	.73375	.51949		.43277	.27191	.87533
FR_b-FR_aa		.88210	.69069	.39373		.93747	.81388	.69489
FR_sa-FR_sß		.86334	.64679	.84198		.93747	.93745	.81395
FR_sa-FR_aa		.23655	.57719	.90117		.27210	.15778	1
FR_sa-FR_aß		.14360	.76112	.32141		.30782	.20925	.34652
FR_sß-FR_aa		.35031	.86625	.77732		.43277	.27191	.81395
FR_sß-FR_aß		.16166	.70519	.20650		.20943	.11652	.20943
FR_aa-FR_aß		.32196	.68504	.11965		.43277	.48001	.09948
Rep. meas. (GG)		.43694	.27797	.31773	Friedm.	.04643	.34652	.71125
WA_b-WA_aß	lnB -ln16	.68530	.76604	.09828	lnB -ln16	.93747	.48018	.07119
WA_b-WA_sa		.81226	.88350	.31001		.81395	.87533	.34652
WA_b-WA_sß		.38164	.45574	.79588		.38819	.48018	.93747
WA_b-WA_aa		.36946	.51785	.04914		.34652	.48018	.02806
WA_sa-WA_sß		.45373	.49651	.35267		.69489	.69489	.63787
WA_sa-WA_aa		.23261	.36612	.24778		.13610	.23932	.20943
WA_sa-WA_aß		.91898	.61971	.61327		.93747	.75368	.38819
WA_sß-WA_aa		.80741	.73862	.12467		.81395	1	.09948
WA_sß-WA_aß		.52839	.38984	.32577		.75368	.69489	.27210
WA_aa-WA_aß		.39246	.27026	.57697		.30782	.18234	.69489
Rep. meas. (GG)		.62327	.63412	.23363	Friedm.	.76027	.60339	.05785

Tab. C.18: Diepold: *p*-Werte der statistischen Tests; |lnB-ln16|; ori, det, cor

ANHANG D: Schäfer Weißlichter

Schäfers "Standardweiß", welches ohnehin in den ori Daten kaum nennenswerte Ergebnisse hinsichtlich Signifikanz gezeigt hat, verliert durch die Trendbereinigung nochmals eindeutig an statistisch relevanten Ergebnissen. Auch die signifikanten p-Werte in den NN und P-Variablen verschwinden fast restlos.

Auch "Tageslichtweiß" wird durch das Detrenden in den meisten Fällen weniger signifikant. Jedoch war hier die Ausgangslage eine ganz andere, da bereits bei ori, speziell im Bereich der B und Q-Variablen einige äußerst niedrige Werte vorlagen. Ein paar wenige Abfolgen, welche gegen den allgemeinen Trend gehen, verbessern die Werte. Betrachtet man jedoch die übergeordneten Tests wie Friedman und repeated measurements, so findet man nur in seltenen Fällen, wie z.B. Friedman, lnB, det und lnQ, det eine Verbesserung (siehe Abb. D.2) Dennoch bleiben die signifikanten p-Werte meist auch nach der Trendbereinigung signifikant, was eindeutig für eine reizspezifische Relevanz spricht.

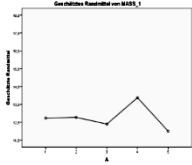
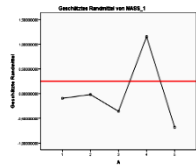
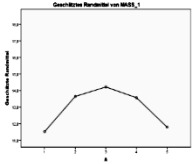
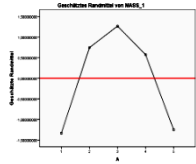
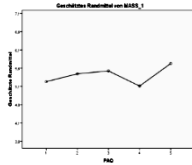
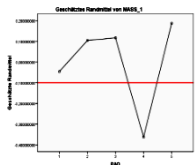
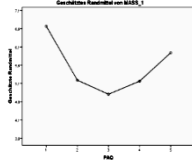
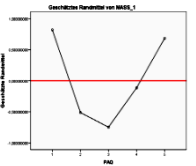
Artefaktkorrektur war, wie bereits angesprochen, im Falle der Weißlichter leider nicht möglich.

Schäfer W.			ori		det	
SW_b	NN		962.1000		3.0920	
SW_sa			957.8863	↘	-11.1298	↘
SW_sβ			991.4575	↗	12.4335	↗
SW_sγ			985.1638	↘	-3.8682	↘
SW_a			998.4988	↗	-0.5412	↗
DW_b	NN		910.2013		-1.1519	
DW_sa			928.2725	↗	8.4861	↗
DW_sβ			924.1788	↘	-4.0408	↘
DW_sγ			923.8875	↘	-12.7653	↘
DW_a			954.5600	↗	9.4740	↗
SW_b	P		65.0552		0.0312	
SW_sa			64.8911	↘	0.5401	↗
SW_sβ			62.8885	↘	-0.7895	↘
SW_sγ			62.8369	↘	-0.1681	↗
SW_a			62.7173	↘	0.3853	↗
DW_b	P		67.3783		0.2274	
DW_sa			66.0299	↘	-0.5329	↘
DW_sβ			65.9033	↘	-0.0714	↗
DW_sγ			66.2194	↗	0.8328	↗
DW_a			64.3431	↘	-0.4554	↘

Tab. D.1: Schäfer Weißlichter: Mittelwerte NN, P ; ori, det

Schäfer W.		t: ori	t: det		Wil: ori	Wil: det
SW_b-SW_a	NN	.06553	.83386	NN	.09289	.88864
SW_b-SW_sa		.77863	.35694		.77943	.77943
SW_b-SW_sß		.01302	.32779		.01729	.40081
SW_b-SW_sγ		.13258	.62335		.09289	.77943
SW_sa-SW_sß		.02187	.07837		.03569	.04995
SW_sa-SW_sγ		.03796	.51863		.06870	.32699
SW_sa-SW_a		.05607	.56980		.03569	1
SW_sß-SW_sγ		.48492	.09780		.40081	.12349
SW_sß-SW_a		.63814	.39525		.40081	.32699
SW_sγ-SW_a		.46223	.85167		.77943	.77943
Rep. meas. (GG)		.03909	.49714	Friedm.	.11171	.50893
DW_b-DW_a	NN	.05502	.59887	NN	.04995	.77943
DW_b-DW_sa		.17872	.45163		.16143	.48384
DW_b-DW_sß		.37476	.85025		.26262	1
DW_b-DW_sγ		.50057	.56578		.40081	.67442
DW_sa-DW_sß		.77669	.39697		1	.48384
DW_sa-DW_sγ		.80777	.26032		.77943	.20758
DW_sa-DW_a		.23332	.96227		.16143	.67442
DW_sß-DW_sγ		.97771	.41444		.88864	.32699
DW_sß-DW_a		.14540	.48983		.26262	.32699
DW_sγ-DW_a		.10075	.21301		.16143	.32699
Rep. meas. (GG)		.16095	.59013	Friedm.	.37961	.90980
SW_b-SW_a	P	.05140	.73279	P	.09289	.77943
SW_b-SW_sa		.84555	.55060		.77943	.67442
SW_b-SW_sß		.02308	.30879		.01729	.32699
SW_b-SW_sγ		.09917	.86927		.12349	1
SW_sa-SW_sß		.01597	.07422		.03569	.09289
SW_sa-SW_sγ		.04760	.43565		.06870	.26262
SW_sa-SW_a		.01445	.82468		.02506	1
SW_sß-SW_sγ		.93120	.31688		.67442	.20758
SW_sß-SW_a		.80562	.12280		.48384	.09289
SW_sγ-SW_a		.87829	.48610		.88864	.40081
Rep. meas. (GG)		.02300	.47297	Friedm.	.11171	.46284
DW_b-DW_a	P	.05061	.61247	P	.06870	.77943
DW_b-DW_sa		.16937	.41629		.20758	.57540
DW_b-DW_sß		.19189	.77837		.16143	.57540
DW_b-DW_sγ		.38539	.64344		.48384	.57540
DW_sa-DW_sß		.88711	.60810		.77943	.77943
DW_sa-DW_sγ		.87331	.27201		.88864	.20758
DW_sa-DW_a		.21594	.95190		.16143	.67442
DW_sß-DW_sγ		.67897	.25669		.57540	.26262
DW_sß-DW_a		.24126	.76189		.26262	.57540
DW_sγ-DW_a		.16506	.32257		.20758	.32699
DW_b-DW_a		.05061	.61247		.06870	.77943
DW_b-DW_sa		.16937	.41629		.20758	.57540
Rep. meas. (GG)		.15214	.68301	Friedm.	.37961	.75414

Tab. D.2: Schäfer W.: p-Werte der statistischen Tests; NN, P; ori, det

Schäfer W.			ori		det	
SW_b SW_sa SW_sβ SW_sγ SW_a	B		12.7322		-0.0961	
			12.7746 ↗		-0.0180 ↗	
			12.3985 ↘		-0.3584 ↘	
			13.8751 ↗		1.1539 ↗	
			12.0033 ↘		-0.6822 ↘	
			 			
DW_b DW_sa DW_sβ DW_sγ DW_a	B		11.5223		-1.3354	
			13.6472 ↗		0.7438 ↗	
			14.2160 ↗		1.2669 ↗	
			13.5683 ↘		0.5735 ↘	
			11.7902 ↘		-1.2503 ↘	
			 			
SW_b SW_sa SW_sβ SW_sγ SW_a	Q		5.2300		-0.0460	
			5.4463 ↗		0.1043 ↗	
			5.5250 ↗		0.1170 ↗	
			5.1113 ↘		-0.3628 ↘	
			5.7275 ↗		0.1875 ↗	
			 			
DW_b DW_sa DW_sβ DW_sγ DW_a	Q		6.6675		0.8185	
			5.1888 ↘		-0.5122 ↘	
			4.8050 ↘		-0.7478 ↘	
			5.1625 ↗		-0.2422 ↗	
			5.9400 ↗		0.6834 ↗	
			 			

Tab. D.3: Schäfer Weißlichter: Mittelwerte B, Q; ori, det

Schäfer W.		t: ori	t: det		Wil: ori	Wil: det
SW_b-SW_a	B	.39833	.49302	B	.40081	.57540
SW_b-SW_sa		.96101	.92828		1	1
SW_b-SW_sß		.69719	.75922		.26262	.32699
SW_b-SW_sγ		.26509	.22686		.20758	.16143
SW_sa-SW_sß		.67242	.70161		.20758	.26262
SW_sa-SW_sγ		.23839	.21226		.26262	.20758
SW_sa-SW_a		.39026	.45622		.48384	.57540
SW_sß-SW_sγ		.04159	.03808		.06870	.06870
SW_sß-SW_a		.68747	.74119		.88864	1
SW_sγ-SW_a		.05298	.05656		.06870	.09289
Rep. meas. (GG)		.26798	.27076	Friedm.	.26738	.36693
DW_b-DW_a	B	.66591	.89023	B	.77943	.88864
DW_b-DW_sa		.06705	.07182		.06870	.06870
DW_b-DW_sß		.03150	.03595		.03569	.03569
DW_b-DW_sγ		.02991	.03897		.03569	.03569
DW_sa-DW_sß		.35920	.39686		.26262	.26262
DW_sa-DW_sγ		.90930	.80608		.77943	.77943
DW_sa-DW_a		.03078	.02312		.03569	.01729
DW_sß-DW_sγ		.51642	.48826		.48384	.48384
DW_sß-DW_a		.00859	.00718		.01729	.01729
DW_sγ-DW_a		.04360	.03975		.03569	.03569
Rep. meas. (GG)		.01608	.01628	Friedm.	.06365	.06365
SW_b-SW_a	Q	.36295	.66172	Q	.67442	.67442
SW_b-SW_sa		.59266	.70856		.77943	.77943
SW_b-SW_sß		.50246	.70770		.40024	.88850
SW_b-SW_sγ		.85298	.62382		.20758	.16143
SW_sa-SW_sß		.76292	.96092		.77943	.88864
SW_sa-SW_sγ		.45081	.30241		.44065	.26262
SW_sa-SW_a		.51893	.84642		.57540	1
SW_sß-SW_sγ		.20516	.14935		.16143	.16143
SW_sß-SW_a		.59621	.85229		.67442	1
SW_sγ-SW_a		.16676	.21074		.16143	.16143
Rep. meas. (GG)		.54893	.61811	Friedm.	.50893	.35457
DW_b-DW_a	Q	.11073	.74460	Q	.09097	.67442
DW_b-DW_sa		.01273	.02025		.03569	.03569
DW_b-DW_sß		.01992	.03961		.03569	.03569
DW_b-DW_sγ		.01728	.32039		.03569	.32699
DW_sa-DW_sß		.22364	.43933		.20758	.57540
DW_sa-DW_sγ		.91611	.49790		.77943	.32699
DW_sa-DW_a		.03992	.00514		.05809	.01162
DW_sß-DW_sγ		.24616	.15290		.32699	.12349
DW_sß-DW_a		.02343	.00829		.03569	.01172
DW_sγ-DW_a		.10505	.29067		.12349	.40081
DW_b-DW_a		.11073	.74460		.09097	.67442
DW_b-DW_sa		.01273	.02025		.03569	.03569
Rp. meas. (GG)		.00785	.07368		Friedm.	.11753

Tab. D.4: Schäfer W.: p-Werte der statistischen Tests; B, Q; ori, det

Schäfer W.		t: ori	t: det		Wil: ori	Wil: det
SW_b-SW_a	P-64	.55643	.89998	P-64	.48384	.88864
SW_b-SW_sa		.24030	.37278		.26262	.40081
SW_b-SW_sß		.62787	.95265		.77943	.77943
SW_b-SW_sγ		.20473	.43856		.26262	.67442
SW_sa-SW_sß		.70305	.53915		.67442	.57540
SW_sa-SW_sγ		.47373	.76491		.48384	1
SW_sa-SW_a		.89948	.44093		.88864	.48384
SW_sß-SW_sγ		.00555	.01600		.02506	.03569
SW_sß-SW_a		.71969	.73350		.77943	.57540
SW_sγ-SW_a		.18333	.10697		.16143	.09289
Rep. meas. (GG)		.42619	.56548	Friedm.	.47788	.80879
DW_b-DW_a	P-64	.88265	.98955	P-64	.77943	.88864
DW_b-DW_sa		.92956	.88654		.88864	.88864
DW_b-DW_sß		.19776	.16716		.12349	.09289
DW_b-DW_sγ		.95709	.91811		.88864	.88864
DW_sa-DW_sß		.07029	.06108		.06870	.06870
DW_sa-DW_sγ		.88445	.97131		.88864	1
DW_sa-DW_a		.80141	.91290		.88864	.77943
DW_sß-DW_sγ		.01666	.01985		.02506	.02506
DW_sß-DW_a		.24662	.27915		.26262	.26262
DW_sγ-DW_a		.91927	.94974		.48384	.48384
Rep. meas. (GG)		.53254	.53995	Friedm.	.33085	.24866
SW_b-SW_a	B-16	.06984	.50355	B-16	.12349	.40081
SW_b-SW_sa		.63231	.91660		.67442	.88864
SW_b-SW_sß		.35187	.88501		.40081	.88864
SW_b-SW_sγ		.86546	.36250		.77943	.32699
SW_sa-SW_sß		.55014	.96555		.57540	1
SW_sa-SW_sγ		.55537	.24861		.57540	.26262
SW_sa-SW_a		.09056	.50229		.12349	.57540
SW_sß-SW_sγ		.38011	.25237		.26262	.20758
SW_sß-SW_a		.21890	.56545		.26262	.40081
SW_sγ-SW_a		.05400	.09036		.09289	.12349
Rep. meas. (GG)		.19051	.36957	Friedm.	.52493	.77248
DW_b-DW_a	B-16	.26610	.57642	B-16	.32699	.57540
DW_b-DW_sa		.02794	.03234		.03569	.03569
DW_b-DW_sß		.00622	.00820		.01729	.01729
DW_b-DW_sγ		.00499	.01031		.01729	.02506
DW_sa-DW_sß		.15272	.19574		.09289	.09289
DW_sa-DW_sγ		.48757	.35163		.57540	.48384
DW_sa-DW_a		.04301	.02485		.12349	.03569
DW_sß-DW_sγ		.12609	.10614		.09289	.09289
DW_sß-DW_a		.00709	.00507		.01172	.01172
DW_sγ-DW_a		.07946	.06404		.09289	.09289
DW_b-DW_a		.26610	.57642		.32699	.57540
DW_b-DW_sa		.02794	.03234		.03569	.03569
Rep. meas. (GG)		.00299	.00315	Friedm.	.00907	.01034

Tab. D.6: Schäfer W.: p-Werte der statistischen Tests; |P-64|, |B-16|; ori, det

Schäfer W.		t: ori	t: det		Wil: ori	Wil: det
SW_b-SW_a	Q-4	.15467	.77650		.32699	.77943
SW_b-SW_sa		.25579	.47374		.48384	.77943
SW_b-SW_sß		.12412	.40476		.03547	.67405
SW_b-SW_sγ		.49852	.95226		.77943	.40081
SW_sa-SW_sß		.26330	.70307		.20758	.77943
SW_sa-SW_sγ		.94792	.52679		.94411	.48384
SW_sa-SW_a		.37311	.79317		.26262	.32699
SW_sß-SW_sγ		.53675	.28832		.48384	.32699
SW_sß-SW_a		.73258	.64328		1	.57540
SW_sγ-SW_a		.44781	.68036		.48384	.67442
Rep. meas. (GG)		.37921	.77246	Friedm.	.36693	.75414
DW_b-DW_a	Q-4	.06661	.65824		.04252	.67442
DW_b-DW_sa		.00334	.00574		.01172	.01729
DW_b-DW_sß		.00942	.02095		.01172	.01729
DW_b-DW_sγ		.00666	.03279		.01172	.04995
DW_sa-DW_sß		.26273	.53190		.26262	.57540
DW_sa-DW_sγ		.91593	.19233		.88864	.20758
DW_sa-DW_a		.02348	.00242		.01162	.01162
DW_sß-DW_sγ		.15415	.05654		.12349	.03569
DW_sß-DW_a		.01382	.00417		.01172	.01162
DW_sγ-DW_a		.08654	.04705		.06870	.04995
Rep. meas. (GG)		.00200	.00313	Friedm.	.00014	.00129

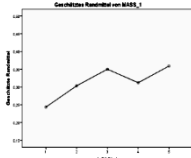
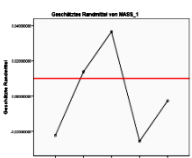
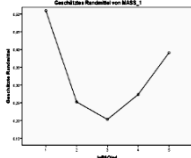
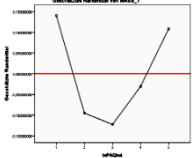
Tab. D.8: Schäfer W.: p-Werte der statistischen Tests; |Q-4|; ori, det

Schäfer W.			ori		det	
SW_b	$ \ln P$		0.1732		0.0059	
SW_sa	$-\ln 64 $		0.1581	↘	-0.0077	↘
SW_sβ			0.1702	↗	0.0059	↗
SW_sγ			0.1512	↘	-0.0116	↘
SW_a			0.1693	↗	0.0080	↗
DW_b	$ \ln P$		0.1250		0.0049	
DW_sa	$-\ln 64 $		0.1263	↗	0.0045	↗
DW_sβ			0.1062	↘	-0.0173	↘
DW_sγ			0.1269	↗	0.0017	↗
DW_a			0.1330	↗	0.0061	↗
SW_b	$ \ln B$		0.2955		-0.0026	
SW_sa	$-\ln 16 $		0.3313	↗	0.0121	↗
SW_sβ			0.3596	↗	0.0193	↗
SW_sγ			0.2968	↘	-0.0646	↘
SW_a			0.4182	↗	0.0357	↗
DW_b	$ \ln B$		0.4636		0.1264	
DW_sa	$-\ln 16 $		0.2550	↘	-0.0715	↘
DW_sβ			0.1827	↘	-0.1331	↘
DW_sγ			0.2806	↗	-0.0245	↗
DW_a			0.3972	↗	0.1028	↗

Tab. D.9: Schäfer Weißlichter: Mittelwerte $|\ln P - \ln 64|$, $|\ln B - \ln 16|$; ori, det

Schäfer W.		t: ori	t: det		Wil: ori	Wil: det
SW_b-SW_a	lnP -ln64	0.85643	0.92309	lnP -ln64	0.88864	0.88864
SW_b-SW_sa		0.25731	0.30343		0.32699	0.40081
SW_b-SW_sß		0.85561	0.99866		0.88864	0.77943
SW_b-SW_sγ		0.24335	0.34443		0.26262	0.40081
SW_sa-SW_sß		0.46025	0.40908		0.48384	0.48384
SW_sa-SW_sγ		0.67228	0.80918		0.57540	0.67442
SW_sa-SW_a		0.57214	0.43335		0.77943	0.57540
SW_sß-SW_sγ		0.00384	0.00585		0.02506	0.03569
SW_sß-SW_a		0.94193	0.87345		0.77943	1.00000
SW_sγ-SW_a		0.19786	0.16738		0.16143	0.16143
Rep. meas. (GG)		0.49837	0.52082	Friedm.	0.47788	0.60921
DW_b-DW_a	lnP -ln64	0.70237	0.95218	lnP -ln64	0.57540	0.88864
DW_b-DW_sa		0.93102	0.97976		1.00000	1.00000
DW_b-DW_sß		0.21290	0.14966		0.12349	0.09289
DW_b-DW_sγ		0.90721	0.84832		0.77943	0.88864
DW_sa-DW_sß		0.07460	0.05746		0.06870	0.06870
DW_sa-DW_sγ		0.96905	0.86078		1.00000	0.88864
DW_sa-DW_a		0.72657	0.93181		0.77943	0.77943
DW_sß-DW_sγ		0.01534	0.02215		0.02506	0.03569
DW_sß-DW_a		0.20820	0.26524		0.20758	0.26262
DW_sγ-DW_a		0.77894	0.83905		0.48384	0.48384
Rep. meas. (GG)		0.49610	0.52302	Friedm.	0.33085	0.24866
SW_b-SW_a	lnB -ln16	0.09441	0.56496	lnB -ln16	0.12349	0.57540
SW_b-SW_sa		0.53760	0.79786		0.67442	0.88864
SW_b-SW_sß		0.28653	0.70483		0.32699	0.88864
SW_b-SW_sγ		0.98762	0.47513		0.57540	0.32699
SW_sa-SW_sß		0.40096	0.82566		0.40081	1.00000
SW_sa-SW_sγ		0.56731	0.22372		0.48384	0.26262
SW_sa-SW_a		0.12060	0.64565		0.09289	0.67442
SW_sß-SW_sγ		0.27780	0.16000		0.20758	0.16143
SW_sß-SW_a		0.29419	0.76043		0.32699	0.77943
SW_sγ-SW_a		0.07668	0.13022		0.12349	0.12349
Rep. meas. (GG)		0.22359	0.44458	Friedm.	0.52493	0.73576
DW_b-DW_a	lnB -ln16	0.22224	0.64891	lnB -ln16	0.26262	0.57540
DW_b-DW_sa		0.01920	0.02394		0.02506	0.02506
DW_b-DW_sß		0.00766	0.01117		0.01729	0.02506
DW_b-DW_sγ		0.00609	0.01516		0.01729	0.03569
DW_sa-DW_sß		0.17380	0.23807		0.09289	0.16143
DW_sa-DW_sγ		0.65172	0.41562		0.77943	0.67442
DW_sa-DW_a		0.03457	0.01491		0.09289	0.01172
DW_sß-DW_sγ		0.12848	0.09751		0.20758	0.09289
DW_sß-DW_a		0.00713	0.00441		0.01172	0.01172
DW_sγ-DW_a		0.06103	0.04516		0.09289	0.06870
DW_b-DW_a		0.22224	0.64891		0.26262	0.57540
DW_b-DW_sa		0.01920	0.02394		0.02506	0.02506
Rep. meas. (GG)		0.00144	0.00161	Friedm.	0.00907	0.00430

Tab. D.10: Schäfer W.: p-Werte der statistischen Tests; |lnP-ln64|, |lnB-ln16|; ori, det

Schäfer W.		ori		det	
SW_b	$ \ln Q$	0.2434		-0.0223	
SW_sa	$-\ln 4 $	0.3034	↗	0.0137	↗
SW_sβ		0.3502	↗	0.0365	↗
SW_sγ		0.3121	↘	-0.0256	↘
SW_a		0.3590	↗	-0.0027	↗
		<div>   </div>			
DW_b	$ \ln Q$	0.5093		0.1404	
DW_sa	$-\ln 4 $	0.2524	↘	-0.0949	↘
DW_sβ		0.2031	↘	-0.1226	↘
DW_sγ		0.2734	↗	-0.0307	↗
DW_a		0.3910	↗	0.1085	↗
		<div>   </div>			

Tab. D.11: Schäfer Weißlichter: Mittelwerte $|\ln Q - \ln 4|$; ori, det

Schäfer W.		t: ori	t: det		Wil: ori	Wil: det
SW_b-SW_a	lnQ -ln4	.13199	.78047		.26262	.67442
SW_b-SW_sa		.26971	.49517		.40081	.88864
SW_b-SW_sβ		.09032	.31546		.06870	.48384
SW_b-SW_sγ		.44867	.97031		.48384	.88864
SW_sa-SW_sβ		.31492	.61459		.26262	.77943
SW_sa-SW_sγ		.90387	.58690		.88864	.57540
SW_sa-SW_a		.31331	.75808		.26262	.57540
SW_sβ-SW_sγ		.45381	.23721		.40081	.26262
SW_sβ-SW_a		.89530	.56508		.88864	.77943
SW_sγ-SW_a		.50577	.74181		.48384	.77943
Rep. meas. (GG)		.36050	.75795	Friedm.	.36693	.75414
DW_b-DW_a	lnQ -ln4	.06533	.57431		.04252	.57540
DW_b-DW_sa		.00210	.00337		.01172	.01172
DW_b-DW_sβ		.00389	.00837		.01172	.01172
DW_b-DW_sγ		.00116	.00653		.01172	.01729
DW_sa-DW_sβ		.30376	.55274		.26262	.57540
DW_sa-DW_sγ		.62944	.16684		.77943	.16143
DW_sa-DW_a		.01593	.00238		.01172	.01172
DW_sβ-DW_sγ		.16422	.08178		.16143	.06870
DW_sβ-DW_a		.00388	.00125		.01172	.01172
DW_sγ-DW_a		.07120	.04009		.06870	.04995
Rep. meas. (GG)		.00025	.00038	Friedm.	.00014	.00017

Tab. D.12: Schäfer W.:p-Werte der statistischen Tests; |lnQ-ln4|; ori, det

ANHANG E: Gewichtete und zeitlich korrigierte Regression

Ausgangspunkt der nachfolgenden Untersuchungen war zunächst einmal die einfache lineare Regression. Die Anstiege der Trendgeraden sind in folgender Tabelle zusammengefasst.

Variable	k [Schäfer F]	k [Elagöz]	k [Diepold]	k [Schäfer SW]	k [Schäfer DW]
NN	4,4154	3,6057	4,2230	10,0075	8,4333
lnNN	0,0047	0,0052	0,0039	0,0103	0,0090
P	-0,2961	-0,4523	-0,2102	-0,6730	-0,0588
lnP	-0,0047	-0,0052	-0,0039	-0,0103	-0,0090
P-64	-0,1356	-0,4974	0,2603	-0,2425	0,0557
lnP-ln64	-0,0019	-0,0060	0,0045	-0,0015	0,0017
B	0,0476	0,1079	0,0248	-0,0357	0,0457
lnB	0,0020	0,0027	0,0027	-0,0113	0,0090
B-16	0,0891	0,2281	-0,0484	0,2385	-0,0854
lnB-ln16	0,0058	0,0134	-0,0038	0,0211	-0,0108
Q	-0,0199	-0,0073	-0,0335	0,0660	-0,1481
lnQ	-0,0077	-0,0079	-0,0066	0,0010	-0,0180
Q-4	0,0458	0,0600	-0,0235	0,1490	-0,1599
lnQ-ln4	0,0110	0,0125	-0,0033	0,0240	-0,0216

*Tab. E.1: Anstiege k der linearen Regressionen aller Variablen und jedes Experiments der permutierten Reihenfolgen aller Reize; negative Anstiege sind zur besseren Unterscheidung **fett** gesetzt.*

Auffallend erscheint in Tab. E.1, dass Schäfer F. und Elagöz in denselben Variablen in die gleiche Richtung gehen. Das legt ein sehr ähnliches Verhalten nahe, auch wenn die Signifikanzen bei weitem nicht gleich waren.

Diepold passt so gesehen nicht in das Muster. Man erkennt allerdings, dass sich k bei Diepolds Variablen überall dort, wo der Absolutbetrag minus der Durchschnittswerte - also bei |P-64|, |lnP-ln64|, |B-16|, |lnB-ln16|, |Q-4| und |lnQ-ln4| - berechnet wurde, in der Richtung genau gegenläufig zu Schäfer F. und Elagöz verhält.

Auch die beiden Weißlichter SW und DW legen ein völlig voneinander verschiedenes Verhaltensmuster bezüglich des Anstiegs an den Tag. NN und lnNN sind bei allen Versuchen steigend, P und lnP demzufolge alle fallend. Die beiden Weißlichtarten unterscheiden sich aber ansonsten in den Anstiegen bei allen nachfolgend untersuchten Variablen. Schäfer DW stimmt in der Richtung der Anstiege jedoch mit Diepold überein.

Überlegungen zur gewichteten Regression

Wie bereits in 7.2 erwähnt, wurden auch einige Überlegungen bezüglich einer gewichteten Regression angestellt. Aus folgender Abb. E.1 sieht man deutlich, dass die einzelnen Werte unterschiedlich stark von der Regressionsgeraden abweichen.

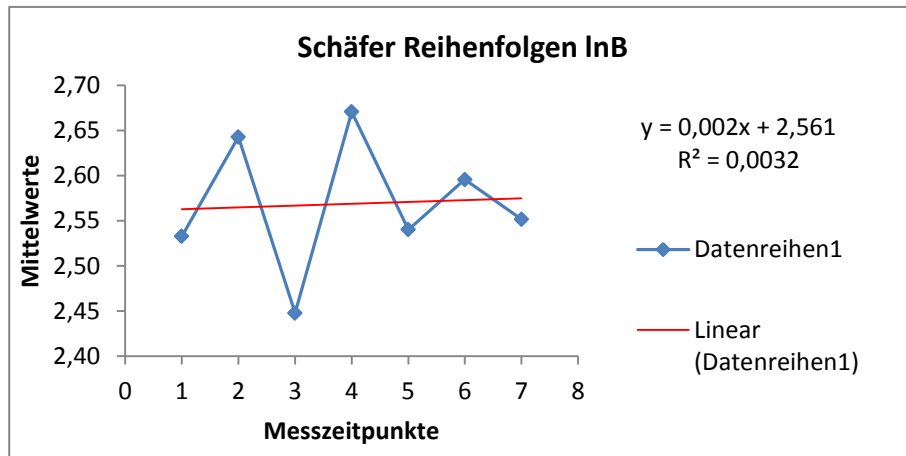


Abb. E.1: Steigender Trend bei Schäfer Farbe, Reihenfolgen lnB

Bei der gewichteten Regression werden die, von der Trendgeraden weiter entfernten Punkte mit einem geringeren Gewichtungsfaktor versehen. Im Fall der vorliegenden Arbeit geschah dies mit Hilfe der inversen Varianzen der einzelnen Datenpunkte. Die neue Trendgerade $y = kx + d$ der so gewichteten Regression setzt sich nun wie folgt zusammen:

$$k = \frac{\sum [w_i(x_i - \langle x \rangle)(y_i - \langle y \rangle)]}{\sum [w_i(x_i - \langle x \rangle)^2]} \quad (\text{E.1})$$

$$d = \langle y \rangle - k \langle x \rangle \quad (\text{E.2})$$

$$\text{mit } w_i = \frac{1}{\sigma^2} \quad (\text{E.3})$$

$$\text{und weiters } \langle x \rangle = \frac{[\sum w_i x_i]}{W} \quad \text{und} \quad \langle y \rangle = \frac{[\sum w_i y_i]}{W} \quad (\text{E.4a,b})$$

$$\text{mit } W = \sum w_i$$

Durchgeführt wurden sämtliche gewichtete Regressionen mit einem Makro für Microsoft Excel 2010, "GEWLINR5" [Wü.xls], welches nach ebendiesen Formeln arbeitet.

Neben der Gewichtung nach den inversen Varianzen stellte sich auch die Frage nach zeitlicher Gewichtung. Wie aus den Zeitplänen der verschiedenen Experimente (6.2, 6.4, 6.5) bereits hervorgeht, wurde nur im Falle von Diepold mit äquidistanten Zeitabschnitten gearbeitet.

Es sollte nun untersucht werden, inwieweit sich bei korrigierten Zeitintervallen eventuell die Ergebnisse der Regressionen und damit auch die p-Werte verändern würden.

Die korrigierten Zeitpläne stellen sich wie folgt dar:

Schäfer F, Elagöz:

x_i	1	2	3	4	5	6	7
Δt in min	0	10	15	10	15	10	15
x_i korrigiert	1	1.8	3	3.8	5	5.8	7
t in 10 min-units	0	1	2.5	3.5	5	6	7.5

Zeitunterschiede $\Delta t = 12,5$ min

Tab E.2: x_i ... fiktiv äquidistant angenommene Messzeitpunkte, Δt in min...tatsächliche Zeitdauer der einzelnen Intervalle, x_i korrigiert... "verschobene" x_i -Werte gemäß Δt ,
t in 10 min-units...äquidistant auf jeweils 10-Minutenintervalle

Schäfer Weißlichter:

x_i	1	2	3	4	5
Δt in min	0	10	10	10	15
x_i korrigiert	1	1.8889	2.7778	3.6667	5
t in 10 min-units	0	1	2	3	4.5

Zeitunterschiede $\Delta t = 11,25$ min

Tab E.3: x_i ... fiktiv äquidistant angenommene Messzeitpunkte, Δt in min...tatsächliche Zeitdauer der einzelnen Intervalle, x_i korrigiert... "verschobene" x_i -Werte gemäß Δt ,
t in 10 min-units...äquidistant auf jeweils 10-Minutenintervalle

Die Zeitkorrektur für Diepold war aufgrund seiner ohnehin äquidistanten Messungen nicht erforderlich! Allerdings seien hier der Vollständigkeit halber auch die korrigierten Zeiten für 10 min-units angeführt!

Diepold:

x_i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Δt in min	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
x_i korrigiert	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
t in 10 min-units	0	0.75	1.5	2.25	3	3.75	4.5	5.25	6	6.75	7.5	8.25	9

Zeitunterschiede $\Delta t = 7,5$ min

Tab E.4: x_i ... fiktiv äquidistant angenommene Messzeitpunkte, Δt in min...tatsächliche Zeitdauer der einzelnen Intervalle, x_i korrigiert... "verschobene" x_i -Werte gemäß Δt ,
t in 10 min-units...äquidistant auf jeweils 10-Minutenintervalle

Am Beispiel Schäfer Farblichter, InB, ori ergibt sich durch die Zeitkorrektur eine Änderung des Anstiegs der Regressionsgeraden. (s. Abb. E.2a und E.2b)

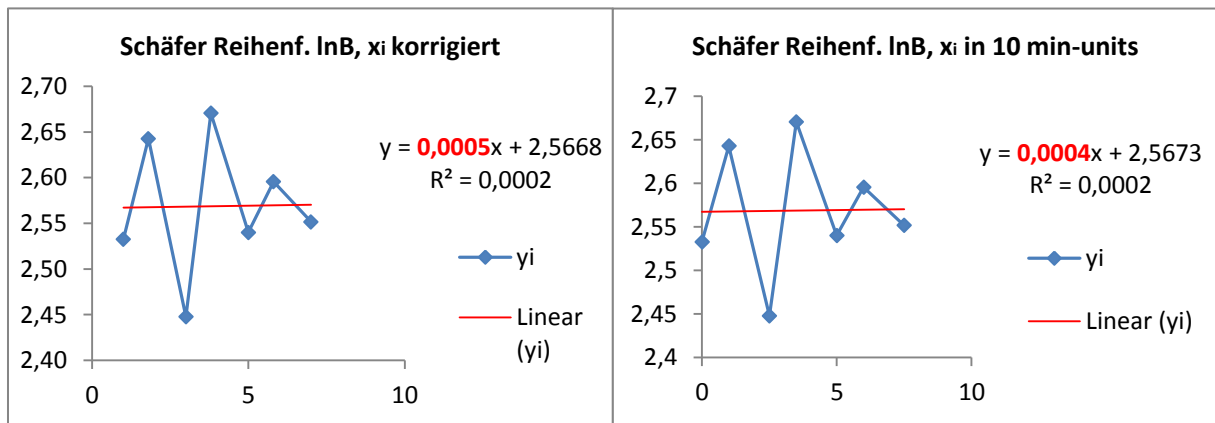


Abb. E.2a: Steigender Trend bei Schäfer Farbe, Reihenfolgen lnB für x_i korrigiert

Abb. E.2b: Steigender Trend bei Schäfer Farbe, Reihenfolgen lnB für x_i in 10 min-units

Auf Grund dieser Beobachtung wurden nun die Anstiege k sowohl für die zeitlich korrigierten x_i als auch für die 10 min-units für sämtliche Variablen und Versuchsreihen berechnet. (siehe Tab. E.5 und Tab. E.6)

Variable	k [Schäfer F]	k [Elagöz]	k [Diepold]	k [Schäfer SW]	k [Schäfer DW]
NN	4,3992	3,4950	4,2230	10,1263	8,9910
lnNN	0,0046	0,0051	0,0039	0,0103	0,0096
P	-0,2941	-0,4412	-0,2102	-0,6649	-0,6175
lnP	-0,0046	-0,0051	-0,0039	-0,0103	-0,0096
P-64	-0,1285	-0,4914	0,2603	-0,2231	0,0716
lnP-ln64	-0,0018	-0,0059	0,0045	-0,0011	0,0020
B	0,0297	0,0967	0,0248	-0,0677	-0,0113
lnB	0,0005	0,0019	0,0027	-0,0136	0,0040
B-16	0,1018	0,2322	-0,0484	0,2659	-0,0357
lnB-ln16	0,0070	0,0137	-0,0038	0,0230	-0,0061
Q	-0,0107	-0,0027	-0,0335	0,0756	-0,1187
lnQ	-0,0062	-0,0070	-0,0066	0,0033	-0,0135
Q-4	0,0552	0,0640	-0,0235	0,1515	-0,1299
lnQ-ln4	0,0126	0,0132	-0,0033	0,0242	-0,0169

Tab. E.5: Anstiege k der linearen Regressionen aller Variablen und jedes Experiments der permutierten Reihenfolgen aller Reize mit zeitlich korrigiertem x_i laut obenstehenden Zeitplänen; negative Anstiege sind zur besseren Unterscheidung **fett** gesetzt.

Während Diepold logischerweise gleich bleibt, da seine Messpunkte ohnehin äquidistant waren, verändern sich vor allem Schäfers Weißlichter. Hier fällt auf, dass eine Variable, nämlich DW, B zuerst steigend, nach der Zeitkorrektur aber fallend ist. Schäfer F und Elagöz ändern nur sehr wenig ihre Anstiege durch die Zeitkorrektur.

Variable	k [Schäfer F]	k [Elagöz]	k [Diepold]	k [Schäfer SW]	k [Schäfer DW]
NN	3,5193	2,7960	5,6306	9,0011	7,9920
lnNN	0,0037	0,0040	0,0051	0,0091	0,0085
P	-0,2353	-0,3530	-0,2803	-0,5910	-0,5489
lnP	-0,0037	-0,0040	-0,0051	-0,0091	-0,0085
P-64	-0,1028	-0,3931	0,3470	-0,1984	0,0636
lnP-ln64	-0,0014	-0,0048	0,0060	-0,0010	0,0018
B	0,0237	0,0773	0,0330	-0,0602	-0,0100
lnB	0,0004	0,0016	0,0036	-0,0121	0,0035
B-16	0,0814	0,1858	-0,0646	0,2363	-0,0317
lnB-ln16	0,0056	0,0120	-0,0051	0,0205	-0,0054
Q	-0,0086	-0,0021	-0,0447	0,0672	-0,1055
lnQ	-0,0050	-0,0056	-0,0088	0,0030	-0,0120
Q-4	0,0442	0,0512	-0,0313	0,1346	-0,1155
lnQ-ln4	0,0101	0,0106	-0,0044	0,0215	-0,0150

Tab. E.6: Anstiege k der linearen Regressionen aller Variablen und jedes Experiments der permutierten Reihenfolgen aller Reize für 10 min-units laut obenstehenden Zeitplänen; negative Anstiege sind zur besseren Unterscheidung **fett** gesetzt.

Die erhoffte Vereinheitlichung in den Anstiegen durch 10-Minutenintervalle blieb leider aus. Allerdings fällt auch bei dieser Art der Korrektur der Wert Schäfer DW, B auf, weil er wie schon zuvor seine Richtung im Vergleich zu den zeitlich unkorrigierten Daten ändert.

Diese Änderungen werfen natürlich jetzt auch noch die Frage auf, inwieweit sich diese Unterschiede auf die statistischen Tests auswirken. Nachfolgend sind einige ausgewählte Beispiele bezüglich des t-Tests angeführt. Der Leser findet darin folgende Varianten:

t	...	t-Test
ori	...	normal (ohne Berücksichtigung eines Trends)
cor	...	artefaktkorrigiert (ohne Berücksichtigung eines Trends)
u/det	...	ungewichtet/detrended
g/det	...	gewichtet/detrended
u/Zeit/det	...	ungewichtet mit Zeitkorrektur/detrended
g/Zeit/det	...	gewichtet mit Zeitkorrektur/detrended

Schäfer F.		t:ori	t:u/det	t:g/det	t:u/zeit/det	t:g/zeit/det
Gr_b - Gr_a	ln B	.13793	.15484	.18339	.14210	.16289
Gr_b - Gr_s		.01459	.01547	.01687	.01481	.01587
Gr_s - Gr_a		.01948	.01746	.01483	.01894	.01663
Elagöz						
Co_b - Co_a	lnQ	.48294	.69148	.78466	.66581	.74491
Co_b - Co_s		.01348	.02232	.02728	.02107	.02507
Co_s - Co_a		.31426	.24288	.21823	.25030	.22834
Diepold						
FR_b-FR_aß	lnB	.88997	.77330	.79030	.77330	.79030
FR_b-FR_sa		.31912	.33458	.33225	.33458	.33225
FR_b-FR_sß		.28624	.30916	.30568	.30916	.30568
FR_b-FR_aa		.83091	.75556	.76658	.75556	.76658
FR_sa-FR_sß		.48997	.53078	.52461	.53078	.52461
FR_sa-FR_aa		.27872	.25492	.25834	.25492	.25834
FR_sa-FR_aß		.23496	.19890	.20394	.19890	.20394
FR_sß-FR_aa		.15557	.14784	.14896	.14784	.14896
FR_sß-FR_aß		.13780	.12270	.12484	.12270	.12484
FR_aa-FR_aß		.84298	.89782	.88965	.89782	.88965
Schäfer W.						
SW_b-SW_a	lnB	.24934	.55506	.62020	.63900	.68136
SW_b-SW_sa		.82628	.95329	.97376	.97945	.99198
SW_b-SW_sß		.49388	.70638	.74380	.75434	.77770
SW_b-SW_sγ		.58452	.36731	.33908	.33154	.31544
SW_sa-SW_sß		.57326	.70445	.72656	.73275	.74644
SW_sa-SW_sγ		.34548	.21530	.19907	.19476	.18557
SW_sa-SW_a		.27935	.54626	.60061	.61623	.65134
SW_sß-SW_sγ		.06222	.04293	.04048	.03982	.03842
SW_sß-SW_a		.57853	.80932	.84887	.85995	.88443
SW_sγ-SW_a		.06852	.08871	.09242	.09348	.09586
SW_b-SW_a		.24934	.55506	.62020	.63900	.68136

Tab. E.7: Zusammenfassung einiger ausgewählter Variablen bezüglich gewichteter Regression und verschiedenen zeitlichen Korrekturen der Ausgangsdaten ori; p-Werte des *t*-Tests

Wie man der Tabelle entnehmen kann, ändert die Gewichtung relativ wenig, zumindest was die wirklich signifikanten p-Werte betrifft. Lediglich bei jenen p-Werten, die ohnehin nicht signifikant sind, lassen sich teilweise deutliche Änderungen erkennen.

Bei Diepold wiederholen sich die 2. und 3. Spalte in der 4. und 5., da die zeitliche Korrektur in diesem Fall nichts verändert.

Tabelle E.8 auf der nächsten Seite zeigt dasselbe Schema, nur diesmal mit den cor-Daten anstelle der ori-Werte.

Schäfer F.		t:cor	t:det/u	t:det/g	t:det/u/zeit	t:det/g/zeit
Gr_b - Gr_a	ln B	.06948	.08893	.10092	.10350	.09030
Gr_b - Gr_s		.00473	.00535	.00570	.00674	.00539
Gr_s - Gr_a		.01312	.01042	.00925	.01062	.01028
Elagöz						
Co_b - Co_a	lnQ	.47670	.67771	.77778	.65793	.73824
Co_b - Co_s		.01703	.02789	.03467	.02667	.03186
Co_s - Co_a		.38218	.30393	.27332	.31051	.28493
Diepold						
FR_b-FR_aß	lnB	.98397	.96058	.96713	.96058	.96713
FR_b-FR_sa		.03146	.03193	.03179	.03193	.03179
FR_b-FR_sß		.08576	.08804	.08739	.08804	.08739
FR_b-FR_aa		.68102	.69524	.69125	.69524	.69125
FR_sa-FR_sß		.27256	.26437	.26664	.26437	.26664
FR_sa-FR_aa		.06644	.06448	.06502	.06448	.06502
FR_sa-FR_aß		.04280	.04111	.04157	.04111	.04157
FR_sß-FR_aa		.07261	.07125	.07163	.07125	.07163
FR_sß-FR_aß		.06798	.06608	.06661	.06608	.06661
FR_aa-FR_aß		.56997	.56423	.56584	.56423	.56584

Tab. E.8: Zusammenfassung einiger ausgewählter Variablen bezüglich gewichteter Regression und verschiedenen zeitlichen Korrekturen der Ausgangsdaten cor; p-Werte des t-Tests

Schäfer Weißlichter musste hier leider entfallen, weil wie bereits erwähnt auf Grund fehlender Rohdaten keine korrigierten Daten erstellt werden konnten.

Das Bild gleicht sehr dem vorhergehenden. Auch im Fall der cor-Daten ändert sich durch diverse Verfeinerungen nur sehr wenig an den Signifikanzen.

ANHANG F: Abfolgepläne der Farbreize und Einzeldiagramme

In diesem Anhang befinden sich die Abfolgepläne hinsichtlich der verschiedenen Reize in den einzelnen Versuchsreihen. Man erkennt darin auch die 6 verschiedenen Permutationen. Nachdem bei Schäfers Weißlichtversuchen nur 2 verschiedene Lichtarten zum Einsatz kamen, welche noch dazu an zwei unterschiedlichen Abenden verwendet wurden, gibt es in diesem Fall auch keinen Abfolgeplan.

Außerdem sind zu allen Versuchsreihen die Reihenfolgen der 12 bzw. 8 Probanden zu den Variablen $\ln P$, $\ln B$, $\ln Q$ und $|\ln Q - \ln 4|$ dargestellt.

F.1 Schäfer Farblichter

Nr.	b1	s1	a1/b2	s2	a2/b3	s3	a3
1	green	green	green	blue	blue	red	red
2	green	green	green	blue	blue	red	red
3	red	red	red	green	green	blue	blue
4	blue	blue	blue	red	red	green	green
5	green	green	green	red	red	blue	blue
6	blue	blue	blue	red	red	green	green
7	green	green	green	red	red	blue	blue
8	red	red	red	blue	blue	green	green
9	red	red	red	green	green	blue	blue
10	blue	blue	blue	green	green	red	red
11	blue	blue	blue	green	green	red	red
12	red	red	red	blue	blue	green	green

Abb. F.1: Abfolge der Reize aller 12 Probanden bei Schäfers Farblichtversuchen

b1 ... before1 (vor dem 1. Reiz)

s1 ... stimulus1 (während des 1. Reizes)

a1/b2 ... after1/before2 (nach dem 1. Reiz, gleichzeitig vor dem 2. Reiz)

Der Rest folgt analog.

red **green** **blue**

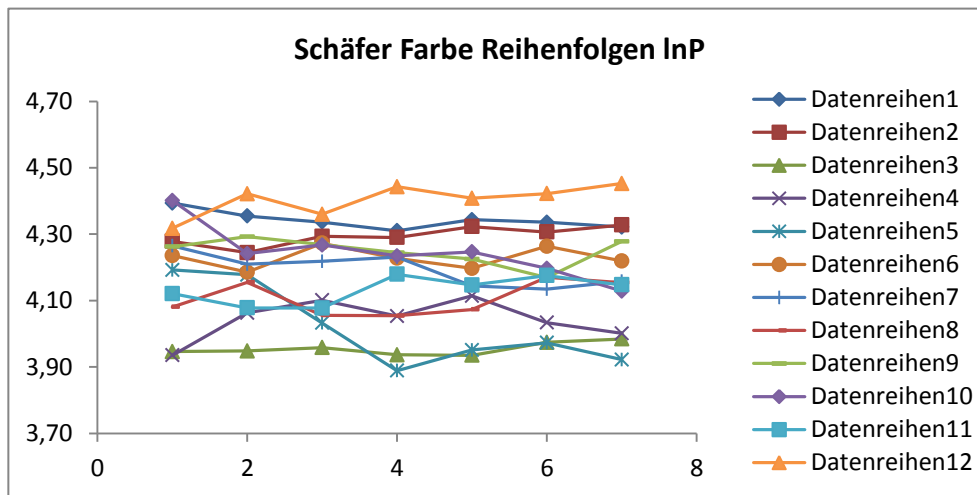


Abb. F.2

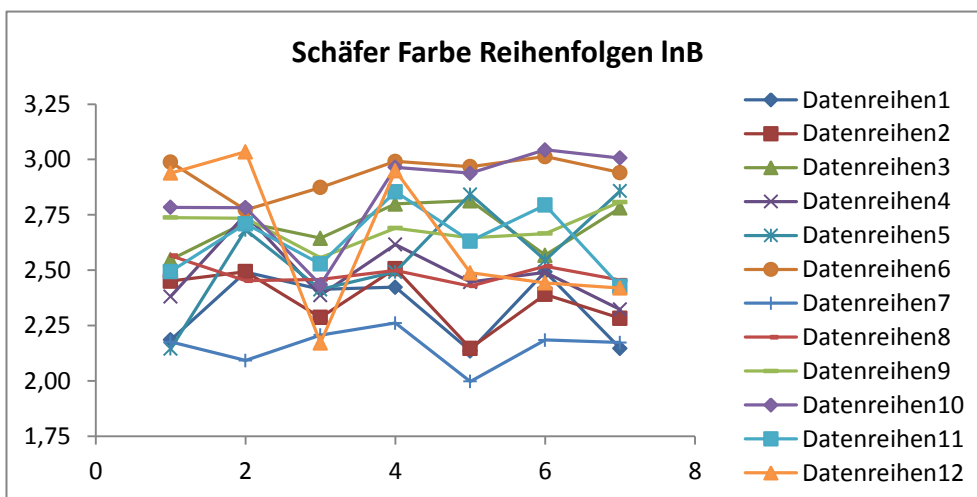


Abb. F.3

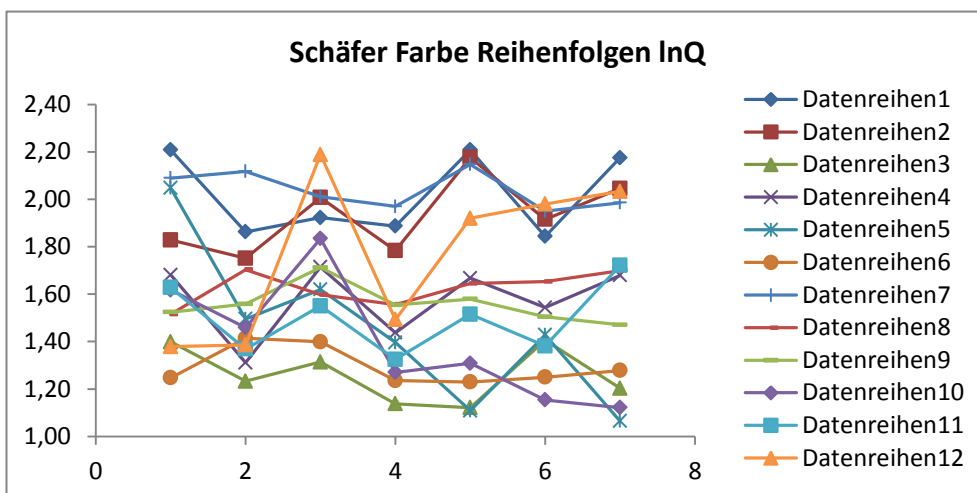


Abb. F.4

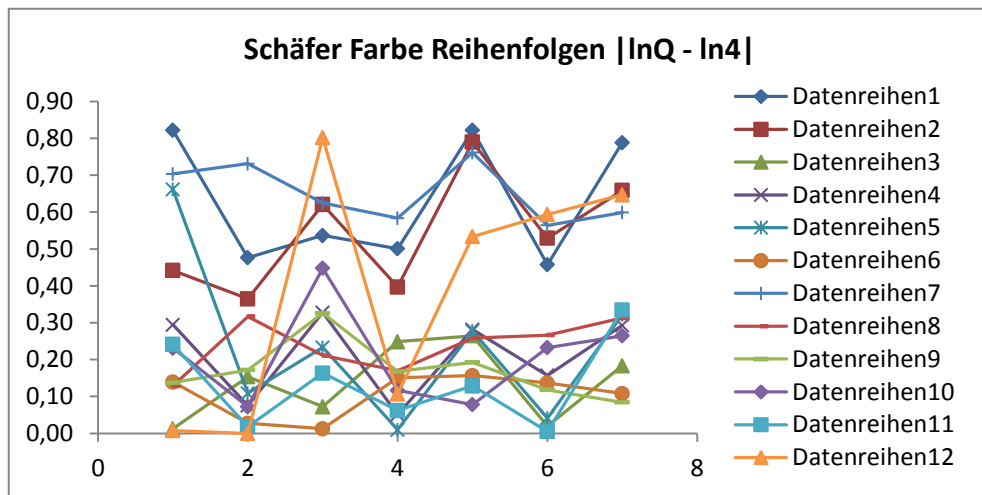


Abb. F.5

F.2 Elagöz

Nr.	b1	s1	a1/b2	s2	a2/b3	s3	a3
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							

Abb. F.6: Abfolge der Reize aller 12 Probanden bei Elagöz' Versuchsreihe

b1 ... before1 (vor dem 1. Reiz)

s1 ... stimulus1 (während des 1. Reizes)

a1/b2 ... after1/before2 (nach dem 1. Reiz, gleichzeitig vor dem 2. Reiz)

Der Rest folgt analog.

chaos

constant

P2

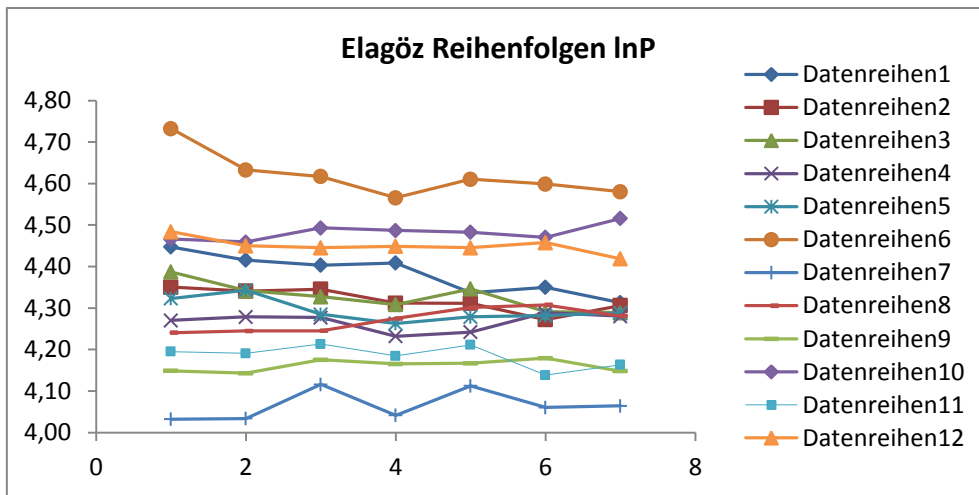


Abb. F.7

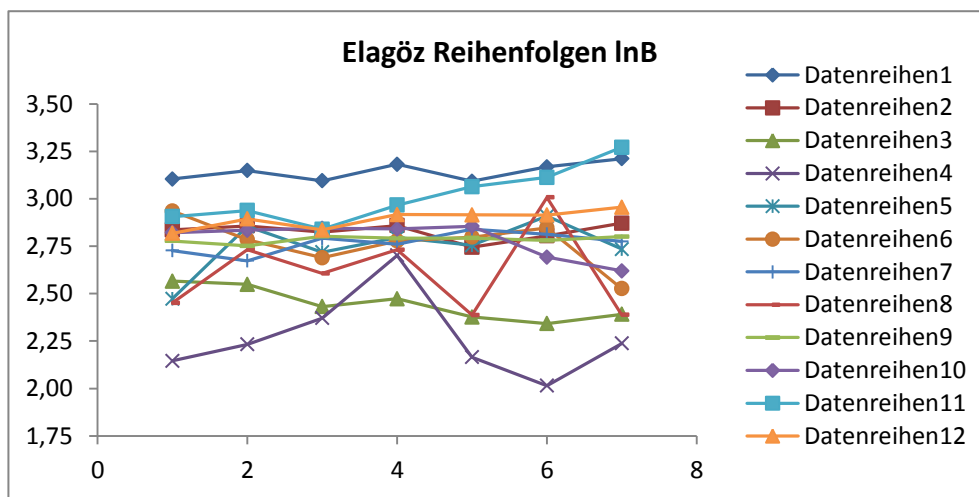


Abb. F.8

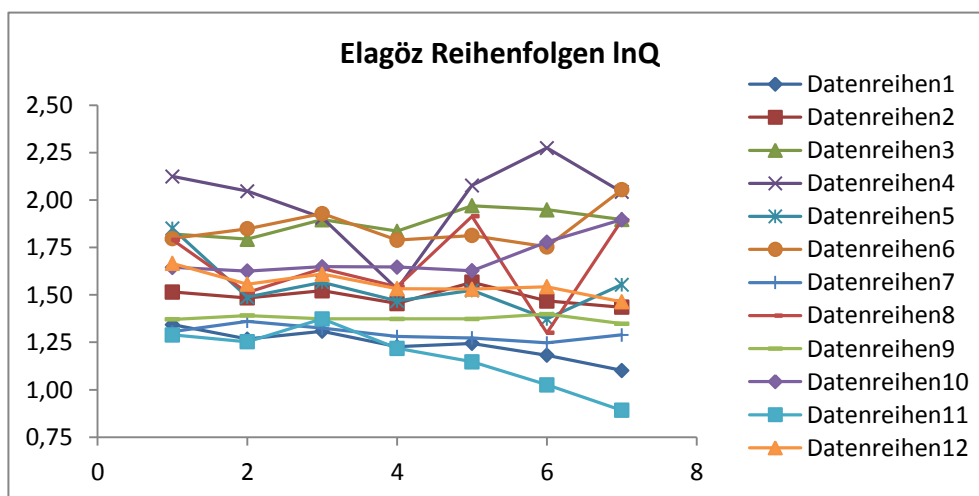


Abb. F.9

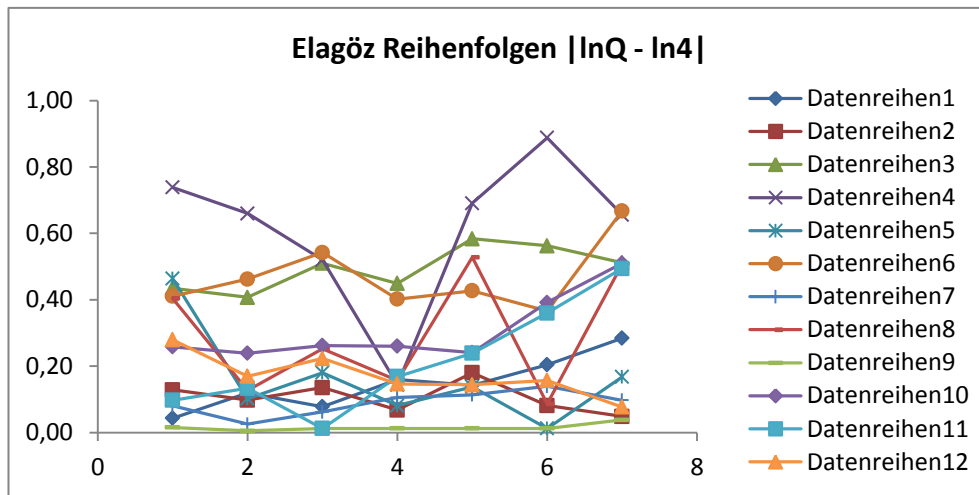


Abb. F.10

F.3 Diepold

Nr.	b1	s1 α	s1 β	a1 α	a1 β	s2 α	s2 β	a2 α	a2 β	s3 α	s3 β	a3 α	a3 β
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													

Abb. F.11: Abfolge der Reize aller 12 Probanden bei Diepolds Versuchsreihe

b1 ... before1 (vor dem 1. Reiz)
 s1 α ... stimulus 1 α (1. Messung während des ersten Reizes)
 s1 β ... stimulus 1 β (2. Messung während des ersten Reizes)
 a1 α ... after 1 α (1. Messung nach dem ersten Reiz)
 a1 β ... after 1 β (2. Messung nach dem ersten Reiz, gleichzeitig
 Messung direkt vor dem zweiten Reiz)

Der Rest folgt analog.

Pink Noise

Frogs

Water

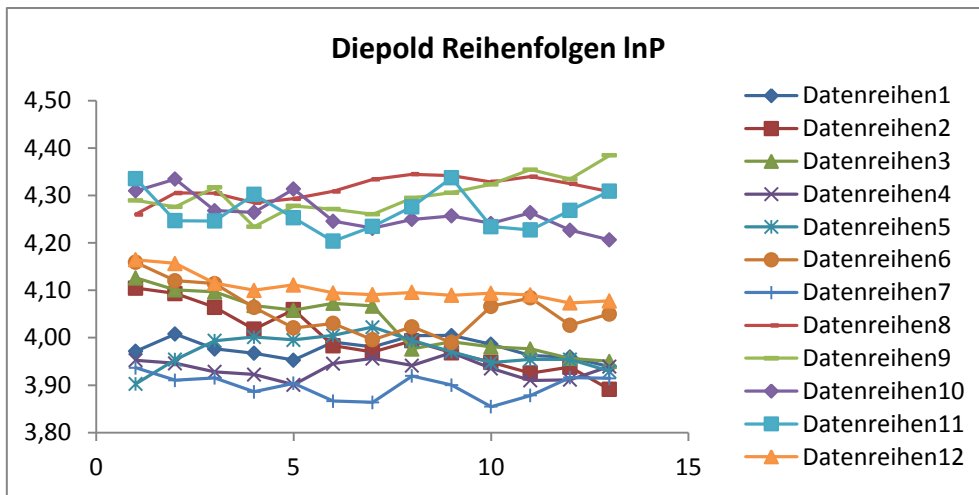


Abb. F.12

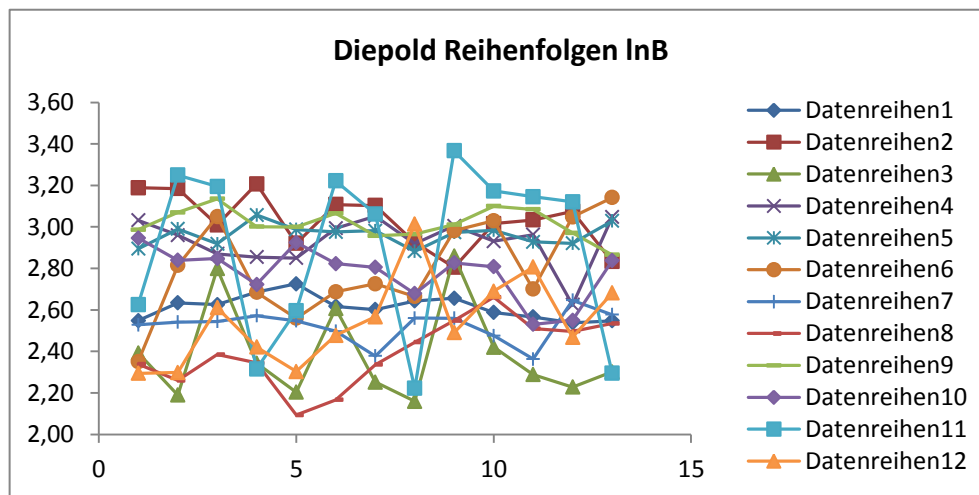


Abb. F.13

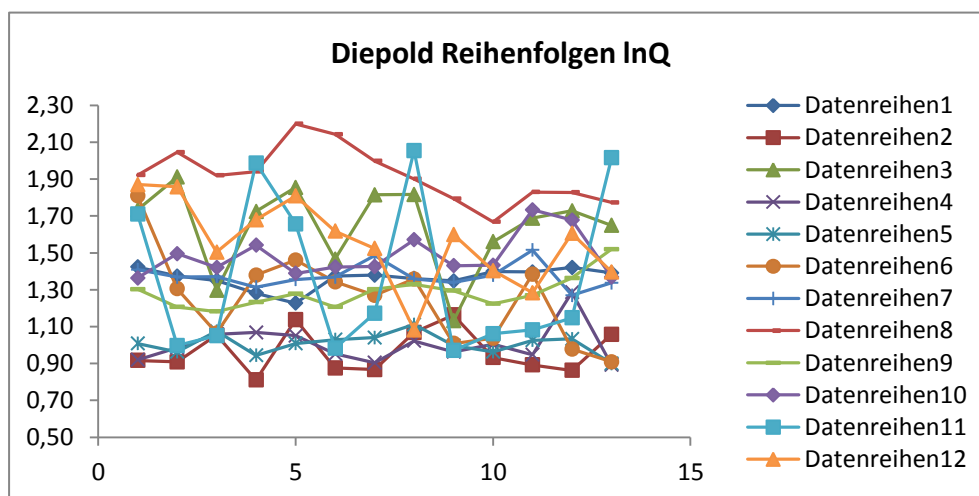


Abb. F.14

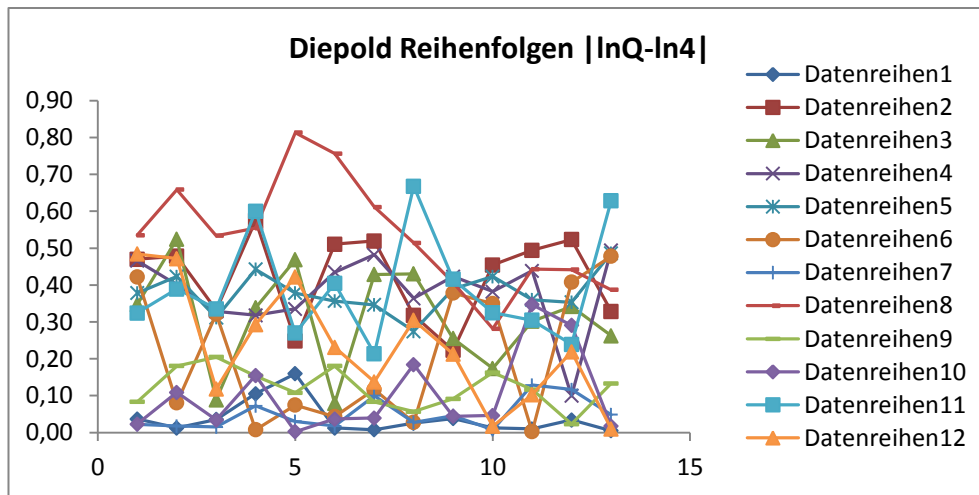


Abb. F.15

F.4 Schäfer Weißlichter

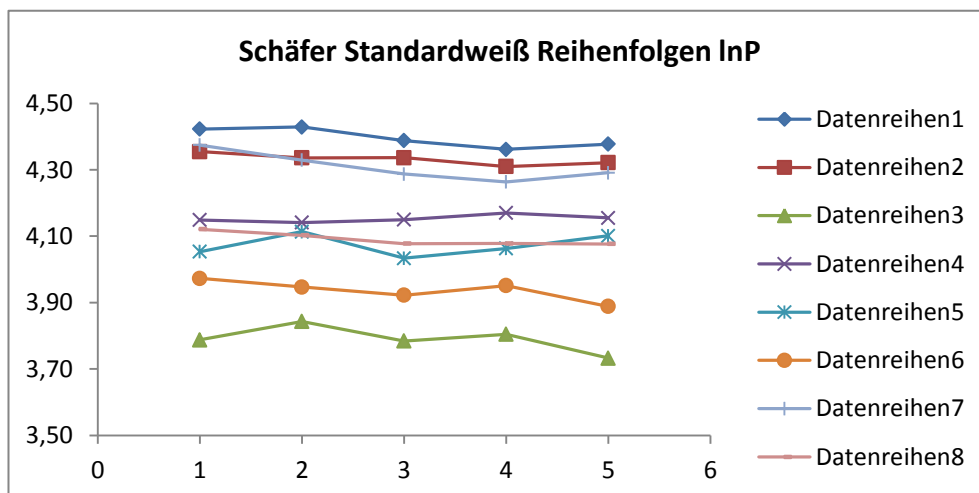


Abb. F.16

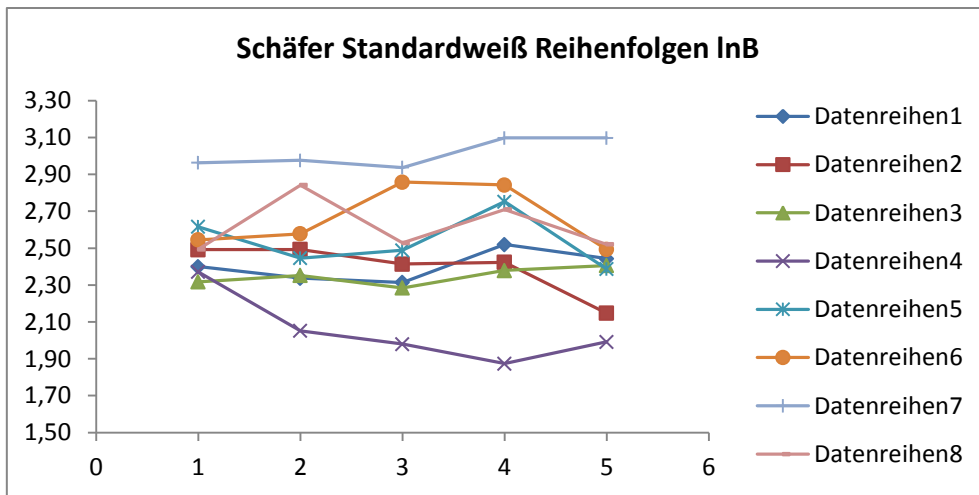


Abb. F 17

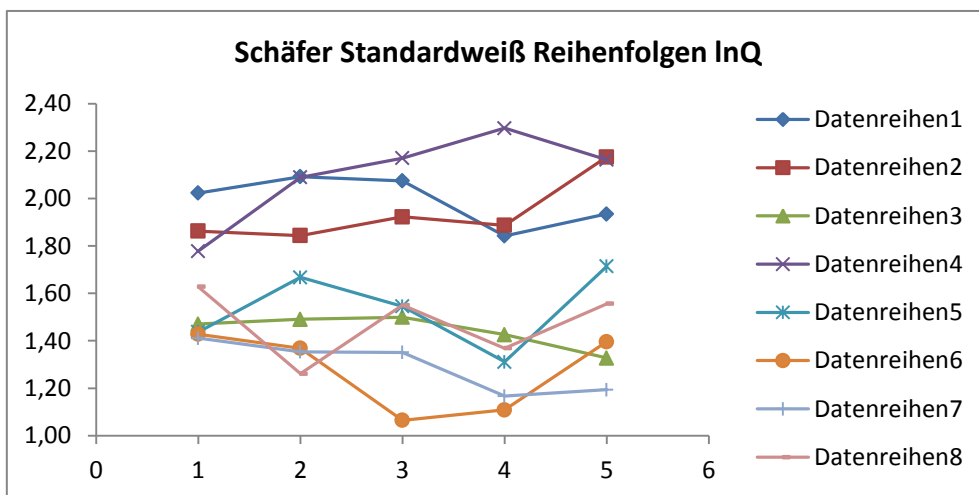


Abb. F.18

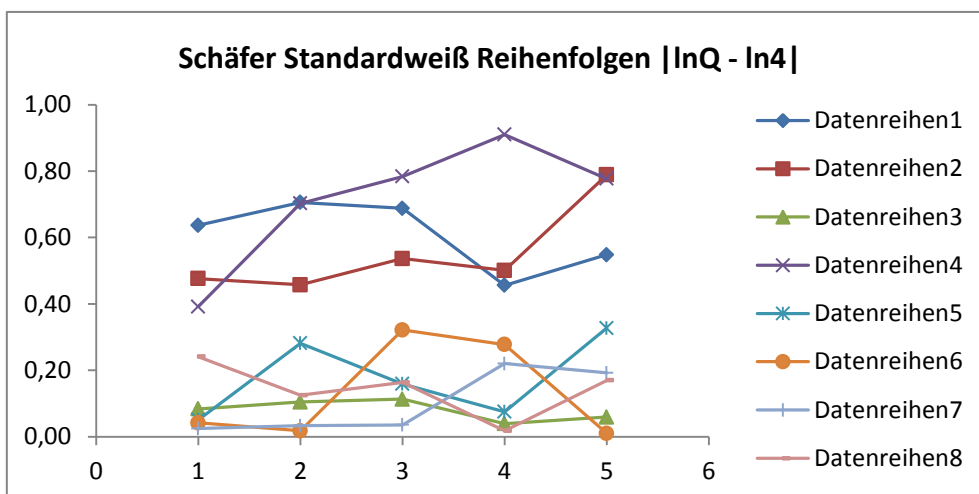


Abb. F.19

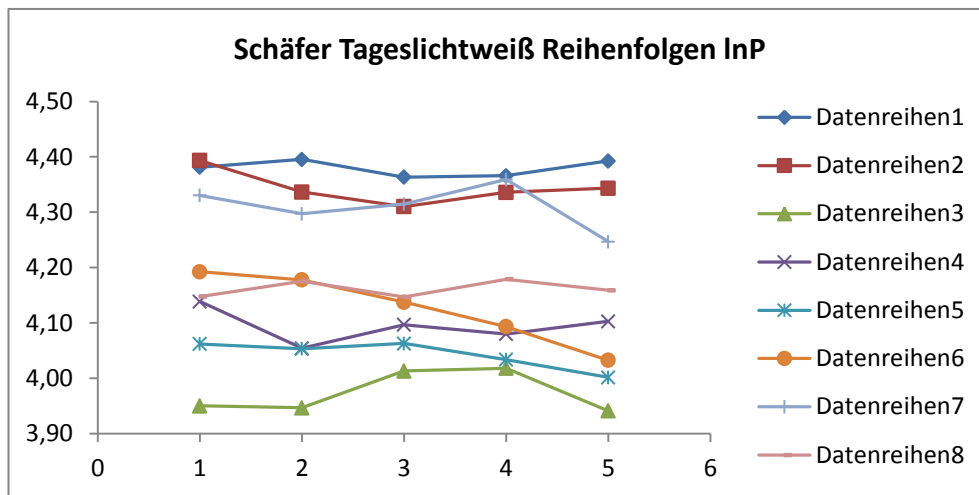


Abb. F.20

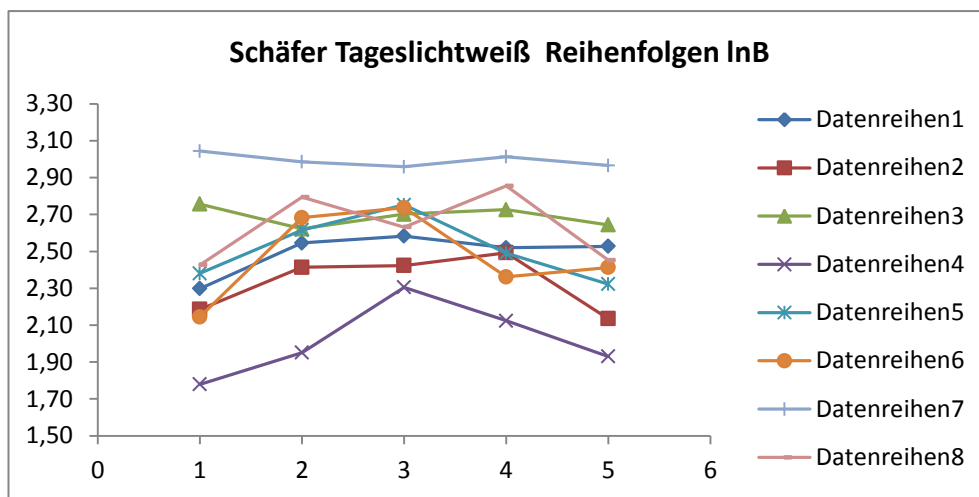


Abb. F.21

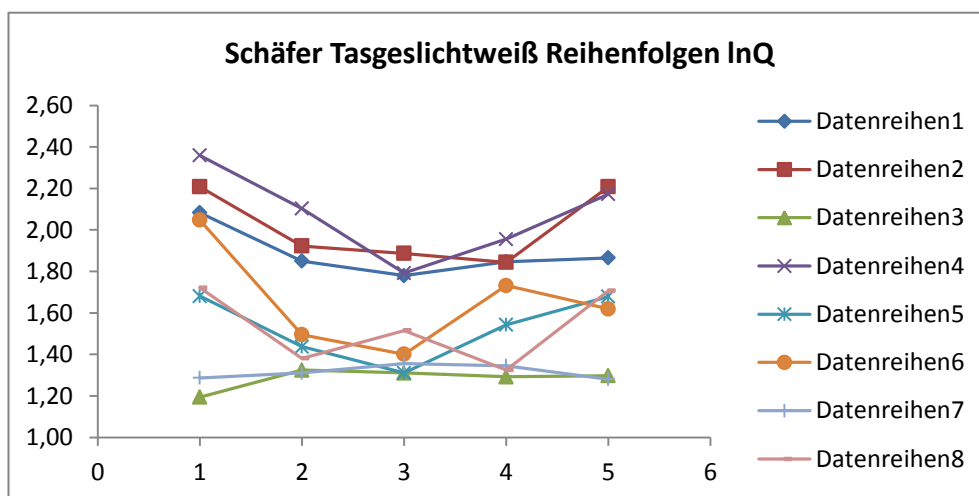


Abb. F.22

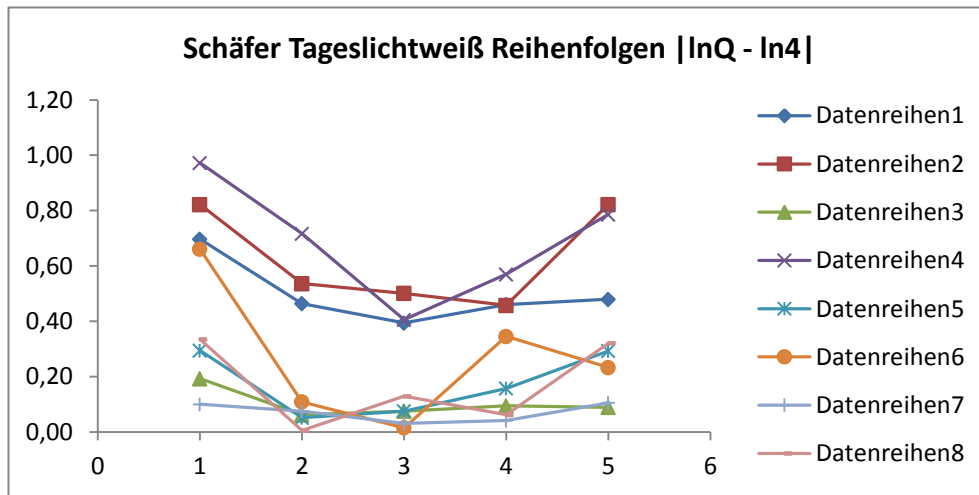


Abb. F.23

Literaturverzeichnis

- [Back06] BACKHAUS, K.: *Multivariate Analysemethoden - eine anwendungsorientierte Einführung*, Springer, Berlin, 2006
- [Bigg92] BIGGER, T.; FLEISS, J.L.; STEINMANN, R.C.; ROLNITZKY, L.M.; KLEIGER, R.E.; ROTTMANN, J.N.: *Correlations between time and frequency domain measures of heart period variability two weeks after acute myocardial infarction*. In: Am J Cardiol, 1992, 69:891-898
- [Birb99] BIRBAUMER, N.; SCHMIDT, R.F.: *Biologische Psychologie*, Berlin, Springer-Verlag, 1999
- [Bort05] BORTZ, J.: *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler*, 6. Auflage, Springer, Berlin, 2005
- [Bort08] BORTZ, J.; LIENERT, G.A.: *Kurzgefasste Statistik für die klinische Forschung. Leitfaden für die verteilungsfreie Analyse kleiner Stichproben*. 3. aktualisierte und bearbeitete Auflage, Springer Medizin Verlag, Heidelberg, 2008
- [Bort99] BORTZ, J.: *Statistik für Sozialwissenschaftler*, Springer, Berlin, 1999, Teil II
- [Cysa04] CYSARZ, D.; VON BONIN, D.; LACKNER, H.; HEUSSER, P.; MOSER, M.; BETTERMANN, H.: *Oscillations of heart rate and respiration synchronize during poetry recitation*, in: Am J Physiol Heart Circ Physiol 287: H579–H587, 2004.
- [Diep06] DIEPOLD, D.: *Auswirkung von akustischen Reizen auf die Heart Rate Variability - Eine zeitreihenanalytische Untersuchung*. Universität Wien, Diplomarbeit, 2006
- [Elag05] ELAGÖZ, N.: *Wirkung von grünem Licht unterschiedlicher zeitlicher Variation auf die Heart-Rate-Variability*. Universität Wien, Diplomarbeit, 2005
- [Espe92] ESPERER, H.D.: *Die Herzfrequenzvariabilität, ein neuer Parameter für die nichtinvasive Risikostratifizierung nach Myokardinfarkt und arrhythmogener Synkopen*. In: Herzschr. Elektrophys., 1992
- [Hild89] HILDEBRANDT, G.: *Zur Physiologie des rhythmischen Systems*. In: Beiträge zu einer Erweiterung der Heilkunst, Jg. 39, 1989
- [Hild98] HILDEBRANDT, G.; MOSER, M.; LEHOFER, M.: *Chronobiologie und Chronomedizin*. Hippokrates Verlag, 1998
- [Horn01] HORN, A.; SCHULZ, H.; HECK, H.: *Simulation zum Einfluss der Höhe der Herzfrequenz auf HRV-Parameter im Zeit- und Frequenzbereich*. In: HOTTENROTT, K.: Herzfrequenzvariabilität im Sport - Schriftenreihe der deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft, Hamburg, Czwalina Verlag, 2001, Band 129

- [Kasp88] KASPER, S.; WEHR, TA. ROSENTHAL, NE.: *Saisonal abhängige Depressionsformen (SAD. I. Grundlagen und klinische Beschreibung des Syndroms.* In: Nervenarzt 59, 1988
- [Klin03] KLINKE, R.; SILBERNAGEL, S.: *Lehrbuch der Physiologie.* 4. korrigierte Auflage, Thieme, 2003
- [Krat03] KRATKY, K.W.: *Komplementäre Medizinsysteme,* Wien: Ibera/European University Press, 2003
- [Limp01] LIMPET, E., STAHEL, W. A.; ABBT, M.: *Log-normal Distributions across the Sciences: Keys and Clues,* BioScience, Vol. 51 No. 5, 2001
- [Lipp91] LIPPERT, H.; HERBOLD, D.; LIPPERD-BURMESTER, W.: *Anatomie.* 7. Auflage, Georg Thieme Verlag, 1991
- [Mose06] MOSER, M.; FRÜHWIRT, M.; PENTER, R.; WINKLER, R.: *Why life oscillates – from a topographical towards a functional chronobiology,* in: Cancer causes Control, Springer, 2006
- [Mose08] MOSER, M.; FRÜHWIRT, M.; KENNER, T.: *The Symphony of Life,* in: IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine, 2008
- [Neum94] NEUMEISTER, A.; KAPITANY, T.; RIEDER, N.; KASPER, S.: *Herbst/Winter-Depressionen und deren Therapie.* In: Wien Klein Wochenschr 106, 1994
- [Patz92] PATZACK, A.; EBNER, J.; JOHL, C.; BERNDT, E.-U.; ORLOW, V.; CAMMAN, H.: *Kardiorespiratorische Beziehungen bei willkürlich kontrollierter Atmung.* In: Wissenschaftliche Zeitung der Humboldt-Universität zu Berlin, R. Medizin 41, 1992
- [Quad79] QUADE, D.: *Using Weighted Rankings in the Analysis of Complete Blocks with Additive Block Effects.* In: Journal of the American Statistical Association. 74(367)/1979, American Statistical Association
- [Ques86] QUESENBERRY, C.P.: *Some transformation methods in Goodness-of-fit.*In: D'AGOSTINO, R.B.; STEPHENS, M.A.: Goodness-of-fit techniques, Marcel Dekker, New York, 1986
- [Rhyn97] RHYNER, H.-H.: *Das Praxishandbuch Ayurveda,* Neuhausen-Schweiz: Urania Verlags-AG, 1997
- [Rose84] ROSENTHAL, N.E.; SACK, D.A.; GILLIN, J.C.; LEWY, A.J.; GOODWIN, F.K.; DAVENPORT, Y.; MUELLER, P.S.; NEWSOME, D.A.; WEHR, T.A.: *Seasonal effective disorder. A discription oft he syndrome and preliminary findings with light therapy.* Arch Gen Psychiatry, 1984, 41 (1): 72-80
- [Rose97] ROSENTHAL, NE.; KASPER, S.: *Licht-Therapie. Das Programm gegen Winterdepressionen.* München, Heyne Verlag, 1997
- [Sach97] SACHS, R.: *Tibetisches Ayurveda. Gesundheit zum Leben.* Kreuzlingen: Ariston, 1997

- [Schä04] SCHÄFER, A.: *Die Wirkung von Licht verschiedener spektraler Zusammensetzung auf die Variabilität der Herzfrequenz. Eine zeitreihenanalytische Studie unter Anwendung linearer und nichtlinearer Methoden.* Universität Wien, Diss., 2004
- [Schä08] SCHÄFER, A.; KRATKY, K. W.: *Estimation of Breathing Rate from Respiratory Sinus Arrhythmia: Comparison of Various Methods*, in: Annals of Biomedical Engineering, Vol. 36, No. 3, 2008
- [Schä09] SCHÄFER, a.; KRATKY, K. W.; SCHULMEISTER, K.: *The effect of colored illumination on breathing rate and cardiorespiratory dynamics*, in: Journal of Alternativ Medicine Research, Vol. 1, 2009
- [Sche08] SCHERMAIER, A.; TAFERNER, F.; WEISL, H.: *bio@school*, Veritas, 5. Auflage, 2008
- [Silb01] SILBERNAGEL, S.; DESPOULOS, A.: *Taschenatlas der Physiologie*. 5. überarbeitete Auflage. Georg Thieme Verlag, 2001
- [Sima12] SIMAN, H.: www.siman.at
- [Steg91] STEGEMANN, J.: *Leistungsphysiologie*. 4. Auflage, Georg Thieme Verlag, 1991
- [Task96] TASK FORCE OF THE EUROPEAN SOCIETY OF CARDIOLOGY AND THE NORTH AMERICAN SOCIETY OF PACING AND ELECTROPHYSIOLOGY: *Heart-Rate-Variability. Standards of measurements, physiological interpretation and clinical use*. In: European Heart Journal, 1996, 17: 354-381
- [Thew97] THEWS, G.; VAUPEL, P.: *vegetative Physiology*. 3. Auflage, Springer-Verlag, 1997
- [Trin04] TRINH, T.Q.: *Taschenatlas Pulsdiagnostik: Puls und Pathologie in der praktischen TCM*, Stuttgart: Hippokrates, 2004
- [Tuce09] TUCEK, G., FERSTL, E., FRITZ, F. M.: *A study of synchronization behaviour in a group of test persons during Bakso and Dhikr exercises via psychophysiological monitoring*. In: Music that works. Hrsg. R. Haas, V. Brandes, Springer Wien New York, 2009; www.ethnomusik.com
- [Wats61] WATSON, S.G.: *Goodness-of-fit tests on a circle*. Biometrika, Vol. 48, Nr. 1-2, 1961
- [Wirz00] WIRZ-JUSTICE, A.; GRAW, P.: *Lichttherapie*. In: Therapeutische Umschau 57, 2000
- [Wü.xls] WÜLKER, M.: GEWLINR5. Makro für Microsoft Excel®, mv-sirius.fh-offenburg.de/PhysikLabor/GEWLINR5.XLS
- [Zhan08] ZHANG, C. L.: *Mathematical, physical and physiological background of normal distribution, delta distribution and log-normal distribution*, Int. J. Modelling, Identification and Control, Vol. 5, No. 3, pp. 200-204, 2008

Danksagung

Ein herzlicher Dank gebührt meinem Betreuer während des Verfassens dieser Diplomarbeit, Herrn Univ.-Prof. Dr. Karl W. Kratky. Er stand mir in vielen Fragen immer hilfreich und geduldig zur Seite.

Meinen Freunden danke ich für ihre aufbauenden Worte, Denkanstöße und Ermunterungen in Zeiten, in denen ich manchmal ans Aufgeben dachte.

Meiner Mutter danke ich für ihre unermüdliche Unterstützung, welche mir das Fortsetzen des Studiums nach der langen Kinderpause erst ermöglicht hat. Ohne sie wäre vieles noch weitaus komplizierter gewesen!

Last but definitely not least, ein großer Dank an meine gesamte Familie, insbesondere: "Danke Robert, Klaus, Anna, Jakob und Raphael!"

Lebenslauf

Martina Hatzl

Persönliche Daten:

Geboren: 5. 5. 1971, Wien
Familienstand: verheiratet (1994), 4 Kinder (geb. 1994, 1996, 1999, 2001)
Staatsbürgerschaft: Österreich

Ausbildung:

2006 – heute: Wiederaufnahme des 1994 unterbrochenen Studiums
2006 – heute: Ausbildung zum Rhythmustherapeuten und –pädagogen in 2500 Baden
2005 – 2006: Ausbildung zum „Musikalischen Lebensbegleiter“ in 2500 Baden
1990 – 1994: Studienwechsel: LA Mathematik, LA Physik (Unterbrechung)
1989 – 1990: Studium LA Mathematik, LA Geographie und Wirtschaftskunde
1983 – 1989: Wirtschaftskundliches Realgymnasium, 2700 Wr. Neustadt (Matura)
1981 – 1983: Gymnasium, Wien 10, Ettenreichgasse
1977 – 1981: Volksschule, Wien 23, Inzersdorf

Tätigkeiten:

09/2011 – heute: Unterrichtstätigkeit in den Fächern Mathematik und Physik an der NMS 2603 Felixdorf
05/2011 – 06/2011: Unterrichtstätigkeit im UF Physik am BG Zehnergasse, 2700 Wr. Neustadt (Karenzvertretung)
10/2007 – 06/2008: Rhythmustherapeutisches Projekt im Rahmen der Ausbildung zum Rhythmustherapeuten und –pädagogen an der ASO in 2500 Baden
10/1999 – 06/2000: Lehrtätigkeit im „Studienkreis“, Nachhilfefach: Mathematik